

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta Strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Inovace pneumatického podavače

Pneumatic Feeder Innovation

Student:

Aleš Šefránek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Aleš Šefránek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Inovace pneumatického podavače
Pneumatic Feeder Innovation**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popište současný stav zařízení – funkce, konstrukce, pneumatický obvod, parametry.
2. Zvolte nové prvky pneumatického obvodu při zachování současných parametrů upínací a posuvné síly.
3. Navrhněte úpravy konstrukce zařízení pro zvolené pohony.


Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 p. ISBN 978-3-540-69470-0.
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.
MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. *Fundamentals of fluid power: Part 2, Pneumatics*. Aachen: Shaker Verlag, 2014. 333 p. ISBN 978-3-8440-3213-0.
Katalogy a podklady výrobců pneumatických prvků.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017
Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry

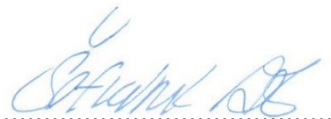



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018


A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Štěpán Bě', written over a dotted line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018


.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Aleš Šefránek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Majakovského 2047/6, Karviná – Mizerov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠEFRÁNEK, A. Inovace pneumatického podavače: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2018, 52 s. Vedoucí práce: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem inovace staršího typu pneumatického kleštinového podavače s využitím moderních pneumatických prvků. V úvodní části je popsáno původní pneumatické zařízení, funkce, konstrukce, pneumatický obvod a parametry s poukázáním na jeho současné nedostatky. V další části jsou zvoleny nové pneumatické prvky pro upínání a pohon při zachování původních parametrů zařízení. V závěrečné části jsou navrženy potřebné konstrukční změny pro zakomponování zvolených pohonů. V příloze jsou uvedeny podrobné parametry zvolených pneumatických prvků.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŠEFRÁNEK, A. Pneumatic Feeder Innovation: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydraulic and Pneumatic Machines, 2018, 52 p. Thesis head: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

This bachelor thesis deals with the innovation of pneumatic feeder with the use of modern pneumatic components. The introduction describes construction, function and parameters of the original pneumatic device. Next part provides selection of new pneumatic components for clamping and driving preserving parameters of the original device. Necessary constructional modifications in order to integrate selected linear actuators into device are covered in the enclosure of the bachelor thesis. Details of selected components can be found in the annex.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
Úvod.....	9
1 Současný stav zařízení	10
1.1 Základní parametry původního podavače	11
1.2 Princip činnosti podavače	12
1.3 Popis jednotlivých částí podavače	16
1.4 Mechanické a pneumatické prvky zařízení.....	16
1.4.1 Hlavní válec	17
1.4.2 Pevná kleština	18
1.4.3 Pohyblivá kleština	20
1.4.4 Přestavitelná konzola.....	22
1.4.5 Vodící sloupky	23
1.5 Řídící prvky zařízení.....	24
1.5.1 Dvoupolohový čtyřcestný rozváděč s kladičkou	24
1.5.2 Ventilový blok a škrticí ventily	25
1.5.3 Dvoupolohový pěticestý rozváděč s narážkou	26
1.5.4 Koncový páčkový spínač	27
2 Návrh nového řešení podávacího zařízení.....	28
2.1 Řešení upínacích kleštín.....	28
2.1.1 Výpočet upínací síly sávající pevné kleštiny	29
2.1.2 Výpočet upínací síly stávající pohyblivé kleštiny	29
2.1.3 Návrh komponentů pro pracovní zdvih kleštín	30
2.2 Řešení hlavního pohonu	32
2.2.1 Výpočet parametrů stávajícího hlavního válce	32
2.2.2 Návrh hlavního pohonu	33
2.2.3 Alternativní řešení hlavního pohonu	35
2.3 Vytipování řídících a pracovních rozváděčů	36
2.3.1 Ventilový blok	36
2.3.2 Řídící pneumatické prvky.....	38
2.3.3 Blok pro úpravu média.....	41
3 Konstrukční úpravy	43

3.1	Návrh nové pevné kleštiny	44
3.2	Návrh nové pohyblivé kleštiny.....	45
3.3	Návrh nové přestavitelné konzoly	46
3.4	Úprava vodících sloupků	46
3.5	Řešení přívodu stlačeného vzduchu pro hlavní pohon.....	47
Závěr		49
Seznam použitých zdrojů		50
Seznam obrázků		51
Seznam tabulek.....		52
Seznam příloh		52

Seznam použitých značek a symbolů

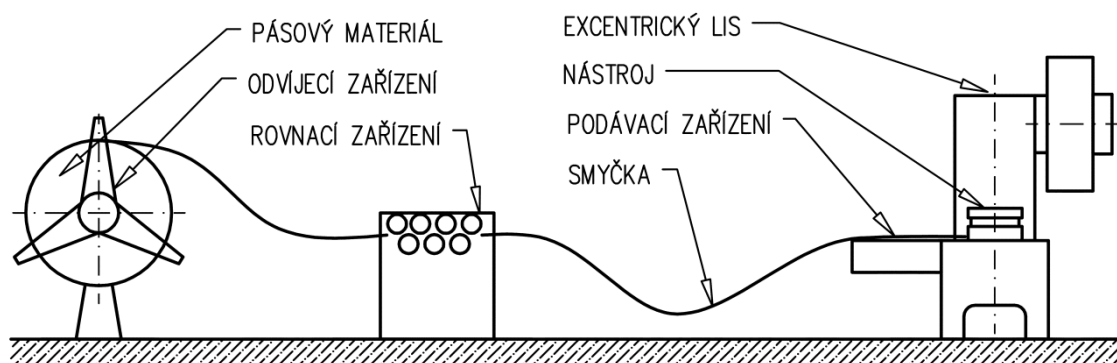
Značka	Název veličiny	Rozměr
D	Průměr pístu válce	[mm]
E_{\max}	Maximální přípustná energie nárazu	[J]
F_1	Tlačná síla pístu válce	[N]
$F_{p, \text{pev}}$	Upínací síla pístu pevné kleštiny	[N]
$F_{p, \text{poh}}$	Upínací síla pístu pohyblivé kleštiny	[N]
F_{pev}	Upínací síla pevné kleštiny	[N]
F_{poh}	Upínací síla pohyblivé kleštiny	[N]
S_1	Plocha průřezu pístu	[mm ²]
S_2	Plocha průřezu pístnice	[mm ²]
S_v	Plocha pístu	[mm ²]
p	Dostupný provozní tlak	[MPa]
d	Průměr pístnice	[mm]
l	Délka podání	[mm]
m_k	Hmotnost pohyblivé kleštiny	[kg]
$m_{\text{materiálu}}$	Maximální hmotnost podávaného materiálu	[kg]
$m_{\text{vlastní}}$	Vlastní hmotnost pohonu	[kg]
$m_{\text{zátěž.}}$	Hmotnost zátěže	[kg]
n	Počet válců	[1]
p_1	Pracovní tlak původního zařízení	[MPa]
t	Čas jednoho zdvihu	[s]
v_{\max}	Maximální přípustná rychlost nárazu	[m.s ⁻¹]
η	Účinnost pneumatického válce	[1]

Úvod

Rozvoj moderního průmyslu je charakterizován snahou zvyšovat produkci a kvalitu vyráběných dílů za současného snižování výrobních nákladů. Tato tendence se sebou přináší rostoucí nároky na modernizaci technologických pracovišť s hlavním důrazem na zavádění mechanizačních a automatizačních prvků.

Mechanizace nahrazuje namáhavou lidskou práci stroji. Automatizace je založena na samočinném řízení výrobních úkonů, které tvoří výrobní proces. Vhodným řešením mechanizace a automatizace tvářecího procesu jsme schopni výrazně zefektivnit výrobu, zvýšit kvalitu výrobku, bezpečnost práce a v neposlední řadě také snížit spotřebu materiálu. Podstatnou oblastí mechanizace a automatizace výroby je vhodné řešení přísunu materiálu do pracovního prostoru tvářecího stroje, v tomto případě lisu.

Jako téma závěrečné práce jsem si zvolil inovaci staršího pneumatického kleštinového podavače s využitím moderních pneumatických prvků. Podávací zařízení je zakomponováno do výrobní linky určené k zpracování svitkového materiálu (Obrázek 1). Toto řešení se velice osvědčilo s ohledem na operativnost výroby, snadnou obsluhu a minimální poruchovost. Vzhledem ke stáří a technickému stavu je nutno toto zařízení nahradit novým. Návrh nového zařízení by měl vycházet z požadavků na zpracovávaný materiál. Zařízení má být navrženo tak, aby se dalo vyrobit a udržovat v rámci výrobních možností firmy. Dalším požadavkem je zakomponování pneumatických prvků s ohledem na možnost výměny obsluhou linky v co nejkratším čase.



Obrázek 1 Výrobní linka

1 Současný stav zařízení

Pro podávání materiálu do pracovního prostoru lisu je používán pneumatický kleštinový podavač vyrobený v roce 2002 QPV 300/4 A. Technický stav zařízení odpovídá patnáctiletému používání ve dvousměnném provozu. Největší problémy způsobují úniky stlačeného vzduchu v průběhu pracovního cyklu zařízení. Tyto úniky jsou způsobeny opotřebením funkčních částí pneumatických pohonů zakomponovaných do kleštin a opotřebením hlavního válce. Hlavní válec je v několika místech zdeformován, což způsobuje větší opotřebení těsnících manžet a nutnost jejich častější výměny. Velké úniky způsobuje také nevyhovující ventilový blok, který je vyroben jako jeden komponent s vnitřními šoupátky.

Mechanické části podavače vykazují opotřebení hlavně v kluzných částech vedení a upevnění kleštin k základnímu rámu. Kluzné vedení má nadměrnou vůli jak v plochách vedení, tak v upevnění do kleštin. Dva ze čtyř závitových otvorů v přestavitelné konzole jsou porušeny a nefunkční, což způsobuje uvolňování a časté nepřesnosti v délce podání. Závit v pevné kleštině pro spojení s pístnicí je také porušený a vyžaduje častější opatrné dotahování. Vzhledem k výše uvedeným závadám, které způsobují výrazné problémy s údržbou a provozem zařízení vyvstává potřeba na obnovu a navržení nového podávacího zařízení.

Nový návrh by měl respektovat původní osvědčenou konstrukci, hlavně způsob přestavby na různé délky a vestavný prostor, který je omezen uspořádáním výrobní linky. Nově by měly být v návrhu použity moderní pneumatické prvky. Hlavní válec a kleštiny by měly být navrženy tak, aby bylo možné tyto prvky v případě nutnosti jednoduše vyměnit v co nejkratším čase a nedocházelo k výpadkům ve výrobě. Nový návrh musí zachovat základní parametry původního podavače. Pevná a pohyblivá kleština by měla být konstruována tak, aby tloušťka podávaného materiálu byla v rozsahu 0,5 až 5 mm. Současný stav umožňuje podání v rozsahu 0,5 až 4 mm. Podání materiálu tloušťky 5 mm je možné po výměně distančních válečků v pevné i pohyblivé kleštině. Toto je dáno nízkým zdvihem kleštinových válců.

Minimální provozní tlak zařízení je 0,4 MPa. Současný provoz disponuje provozním tlakem až 0,9 MPa, což by mělo být zohledněno v návrhu nového zařízení.

1.1 Základní parametry původního podavače

Základní parametry původního podávacího zařízení vychází ze zpracovávaného materiálu a z požadavků na přesnost (Tabulka 1 a 2).

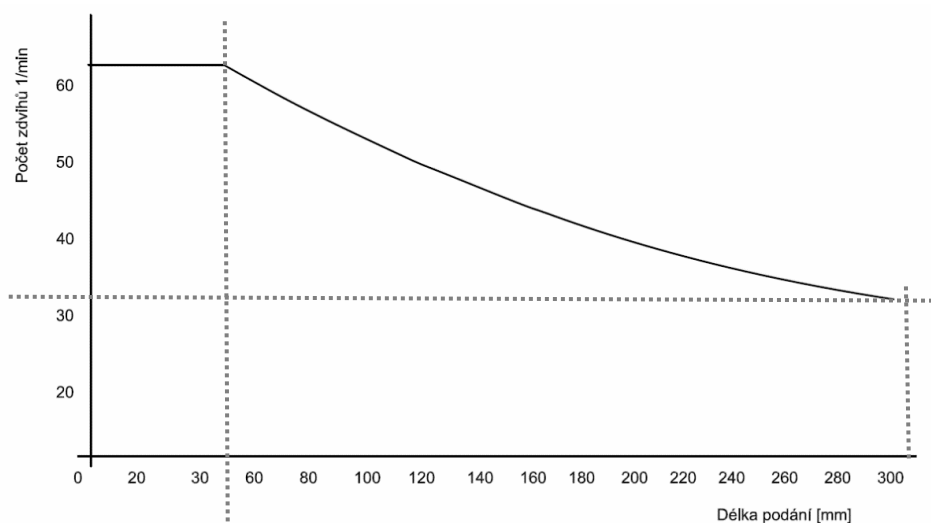
Tabulka 1 Základní parametry ¹

Parametr	hodnota	jednotka
Maximální šířka materiálu	300	mm
Maximální tloušťka materiálu	4	mm
Přesnost podání	±0,3	mm
Maximální délka podání	310	mm
Spotřeba vzduchu	14	l/zdvih
Minimální provozní tlak	0,4	MPa
Hlučnost	85	dB

Tabulka 2 Vstupní materiál ¹

tloušťka [mm]	šířka [mm]
2	293
4	40
5	25

Dalším faktorem je rychlost podání. Rychlost podání závisí na délce podávaného materiálu a je znázorněna v pracovním diagramu (Obrázek 2). Jak je patrné, do podávané délky 50 mm není ovlivněna rychlost stroje délkou podávaného materiálu.



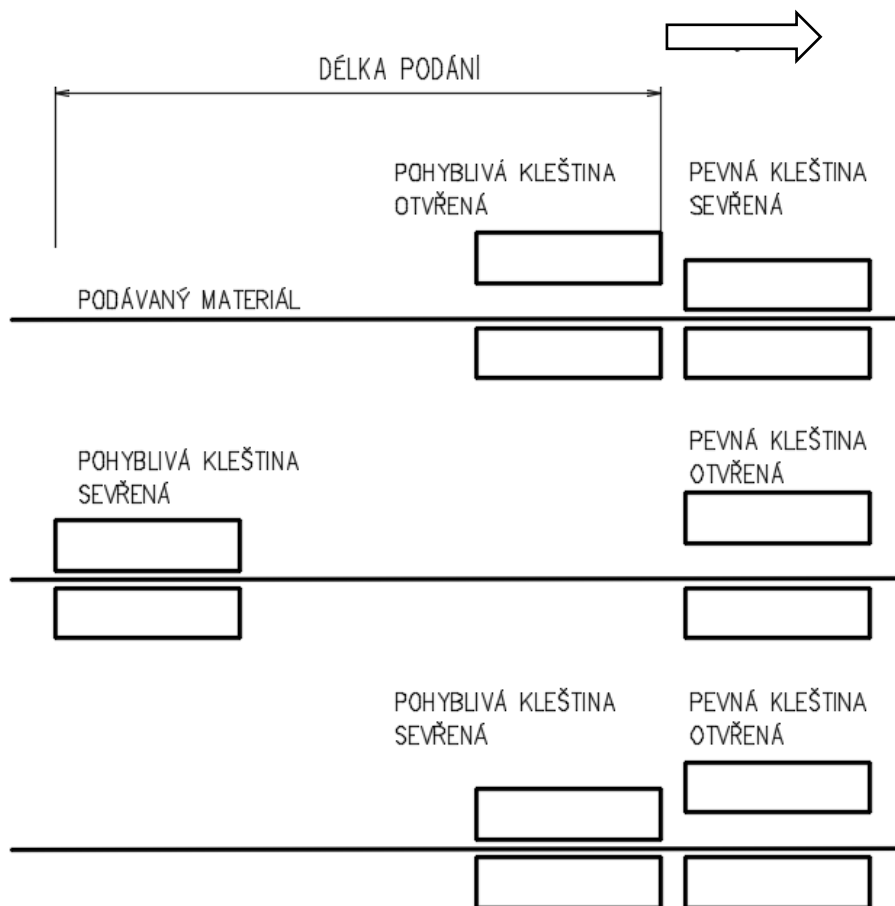
Obrázek 2: Diagram rychlost podání v závislosti na délce ¹

1.2 Princip činnosti podavače

Pneumatický kleštinový podavač slouží jako přídatné zařízení výrobního stroje, zabezpečující podání pásového materiálu do pracovního prostoru. Podavač je plně pneumatický. Pohyb kleštín, posuv materiálu a ovládání pracovního cyklu (Obrázek 3) je realizován pneumaticky.

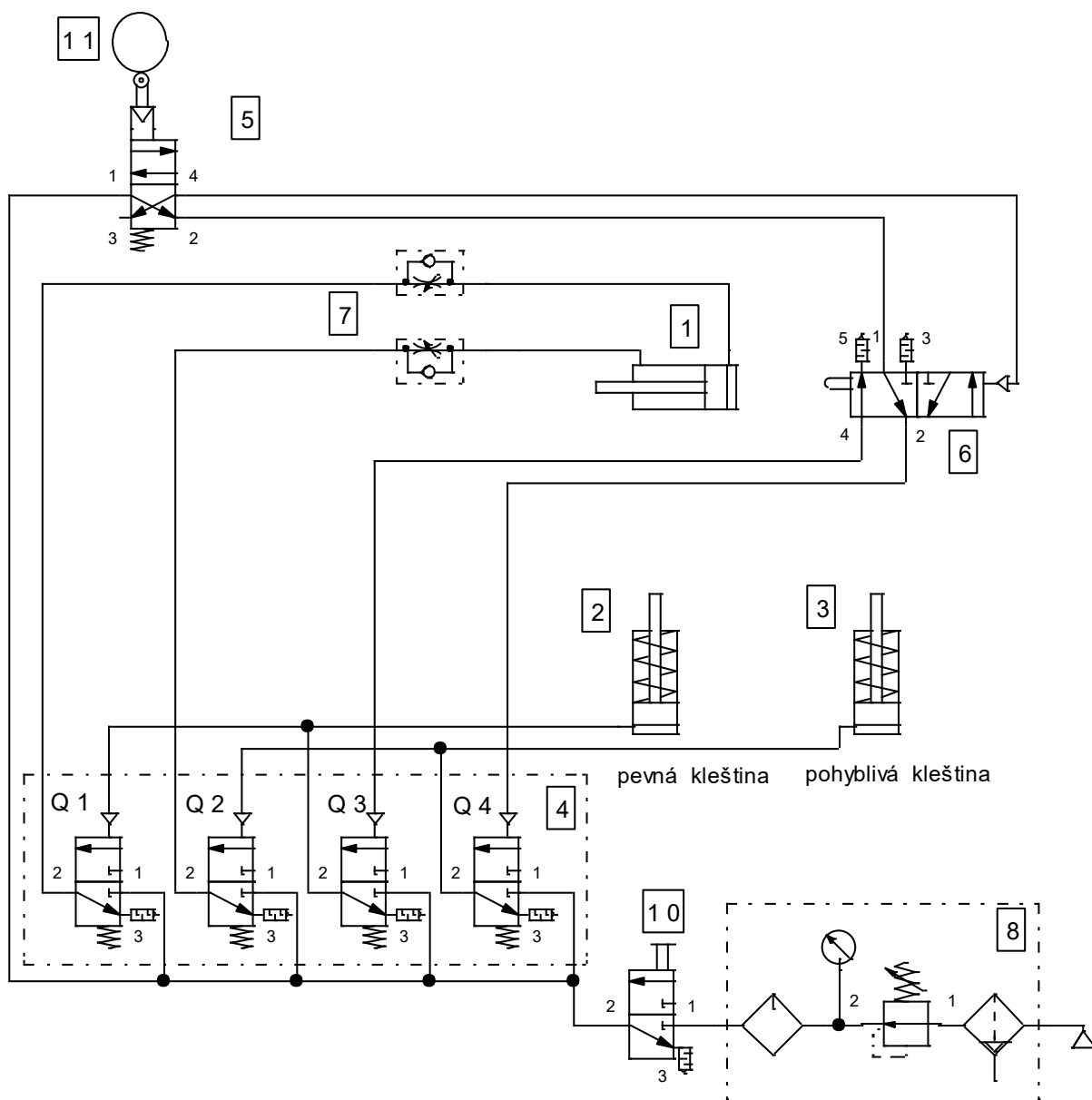
Pracovní cyklus podavače

1. výchozí poloha – pevná kleština otevřená, posuvná kleština sevřená
2. sevření pevné kleštiny, uvolnění pohyblivé kleštiny a její pohyb vzad o délku podání
3. sepnutí pohyblivé kleštiny, uvolnění pevné kleštiny, pohyb pohyblivé kleštiny vpřed do výchozí polohy



Obrázek 3 Pracovní cyklus podavače

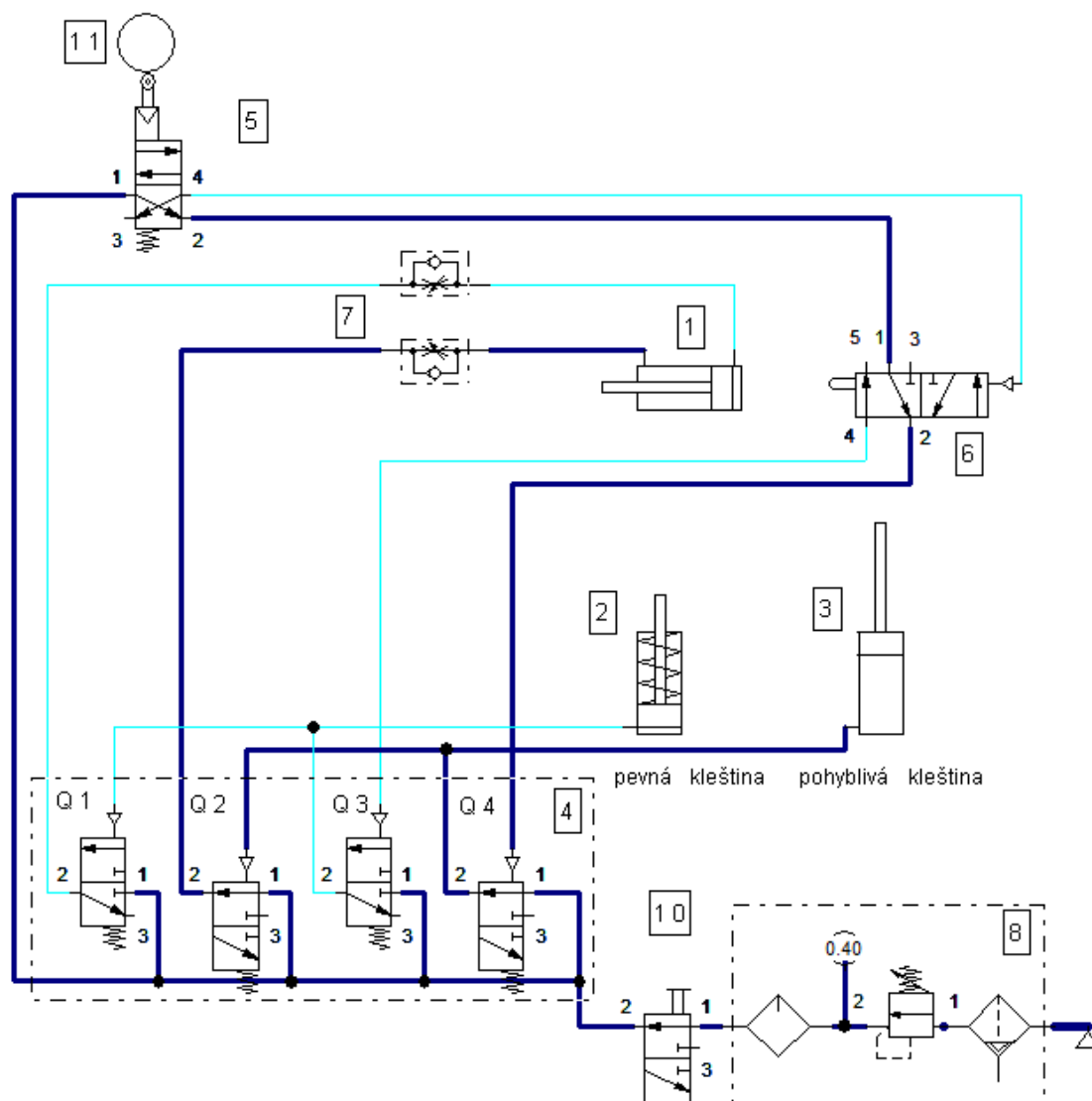
Schéma pneumatického obvodu znázorňuje Obrázek 4. Impuls pro vykonání jednoho pracovního cyklu je přenášen z vačky 11 umístěné na hřídeli výstředníkového lisu na čtyřcestný rozváděč s kladičkou 5. Nastavení vačky umožňuje přesné časování v závislosti na poloze beranu lisu. Řízení jednotlivých pracovních fází podavače je realizováno ventilovým blokem 4, který ovládá smysl pohybu hlavního válce 1 a také sevření pevné i posuvné kleštiny 2, 3. Ventilový blok je tvořen čtyřmi dvupolohovými trojcestnými rozváděči. Rozváděč 6 je ovládaný mechanickou nárazkou z posuvné kleštiny a tlakovým vzduchem rozváděčem s kladičkou 6. Po vykonání jednoho pracovního zdvihu podavače je koncovým elektrickým spínačem předán impuls pro lis, který následně provede svůj pracovní zdvih.



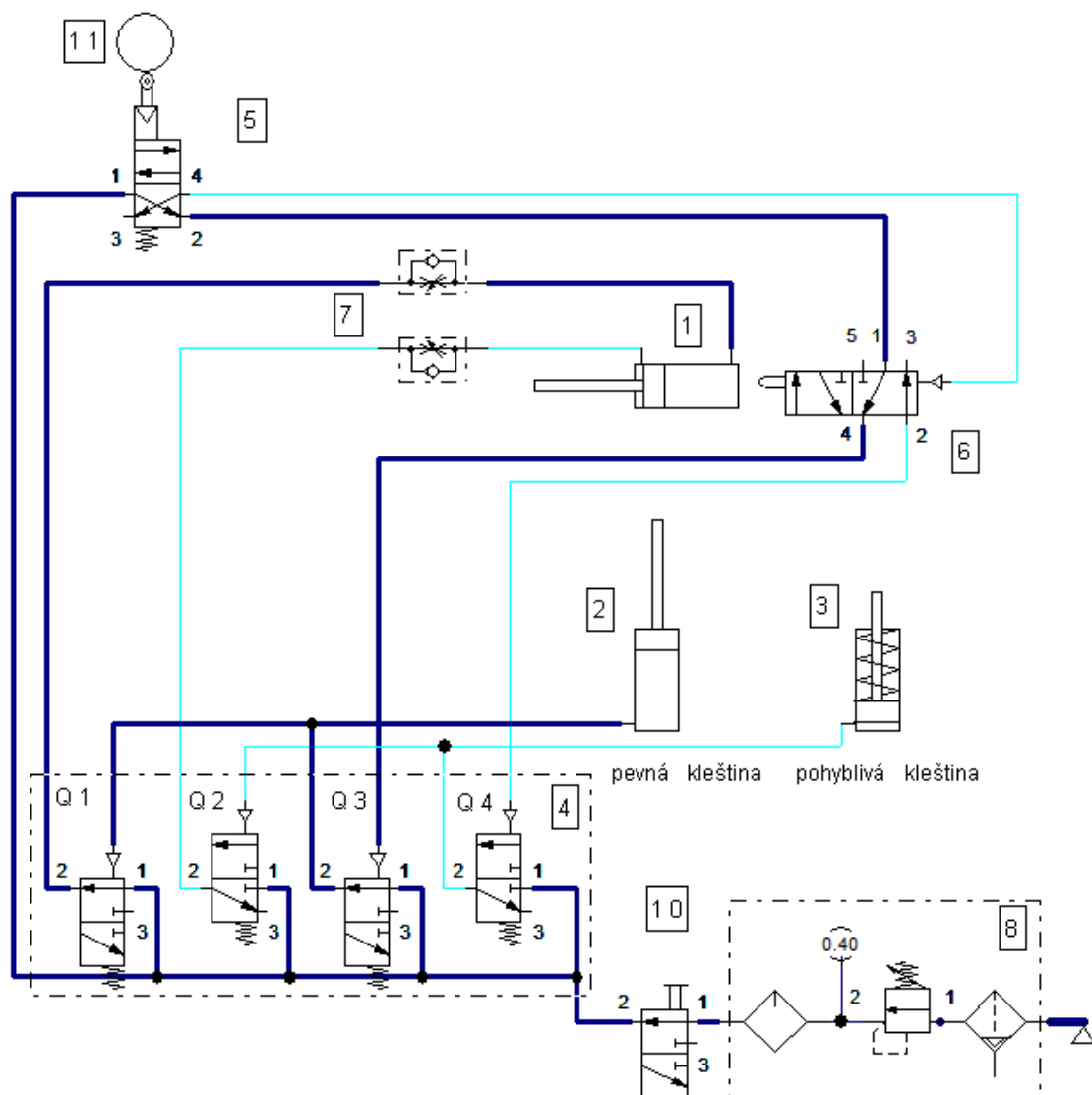
Obrázek 4 Schéma pneumatického obvodu

Popis pracovního cyklu pneumatiky

Sepnutím ručního ventilu 10 dojde k natlakování pneumatického obvodu. Přes rozváděč s kladičkou 5, prostřednictvím pěticestného rozváděče s narážkou 6 dojde k sepnutí trojcestného rozváděče Q2 a Q4 a tím k upnutí pohyblivé kleštiny a posunu hlavního válce 1 do základní polohy. Podávací zařízení je připraveno ve výchozí poloze (Obrázek 5). Po impulzu přeneseného z vačky lisu 11 na rozváděč 5 dojde k sepnutí rozváděčů Q1 a Q2 za současném vypnutí Q2 a Q4, tím dojde k uvolnění pohyblivé kleštiny 3, sepnutí pevné kleštiny 2 a posunu hlavního válce směrem vzad (Obrázek 6). Dosáhne-li hlavní válec nastavené délky podání, narazí na rozváděč s mechanickou narážkou 6 a dojde k jeho přesunutí do základní polohy. Pohyblivá kleština 3 sepne a současně se uvolní pevná kleština 2, hlavní válec 1 vykoná posuv směrem vpřed do výchozí polohy. Zařízení je připraveno k dalšímu pracovnímu zdvihu. Rychlost pohybu hlavního válce je seřízena jednosměrnými škrťacími ventily 7.



Obrázek 5 Pohyb vpřed



Obrázek 6 Pohyb vzad

- 1 – Hlavní válec
- 2 – Písty pevné kleštiny
- 3 – Písty pohyblivé kleštiny
- 4 – Ventilový blok
- 5 – Dvoupolohový čtyřcestný rozváděč s pákou a kladičkou
- 6 – Dvoupolohový pěticestý rozváděč s mechanickou narážkou
- 7 – Jednocestné škrťací ventily
- 8 – Blok pro úpravu stlačeného vzduchu (rozdávěče Q1, Q2, Q3, Q4)
- 10 – Ruční spínací ventil
- 11 – Vačka lisu

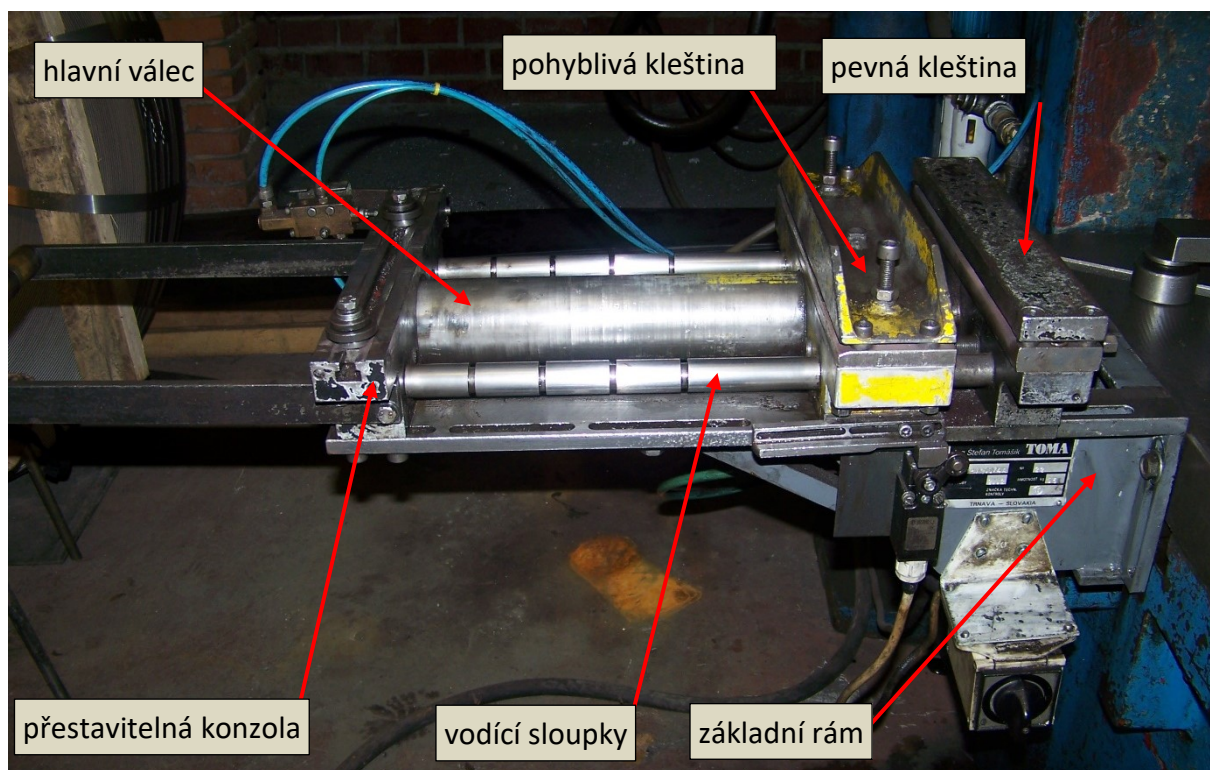
1.3 Popis jednotlivých částí podavače

Podávací zařízení je složeno z rámu, mechanických, pneumatických a řídicích prvků (Obrázek 7). Rám zařízení spojuje veškeré mechanické a pneumatické prvky a kotví zařízení k pracovnímu stroji (lisu). Rám umožňuje výškové polohování vzhledem ke stolu pracovního stroje tak, aby podávaný materiál vhodně vstupoval do nástroje. Mechanické části a pneumatické prvky zabezpečují pracovní pohyb zařízení a řídicí prvky zabezpečují pracovní cyklus a součinnost s pracovním strojem (lisem).

1.4 Mechanické a pneumatické prvky zařízení

Zařízení se skládá s těchto hlavních částí:

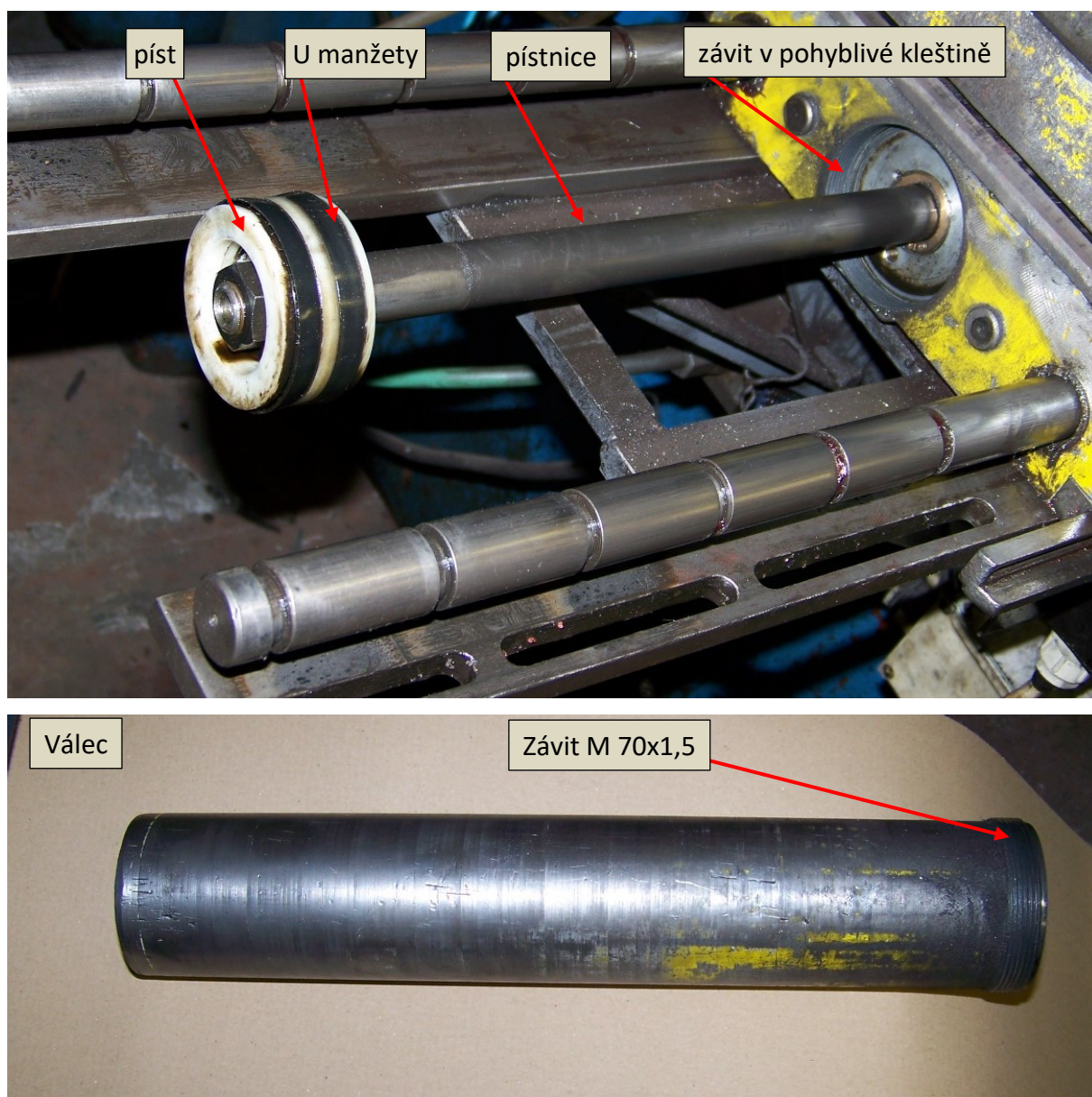
- hlavního válce,
- pevné kleštiny,
- pohyblivé kleštiny,
- přestavitelné konzoly,
- vodících sloupků,
- rámu.



Obrázek 7 Hlavní části podávacího zařízení

1.4.1 Hlavní válec

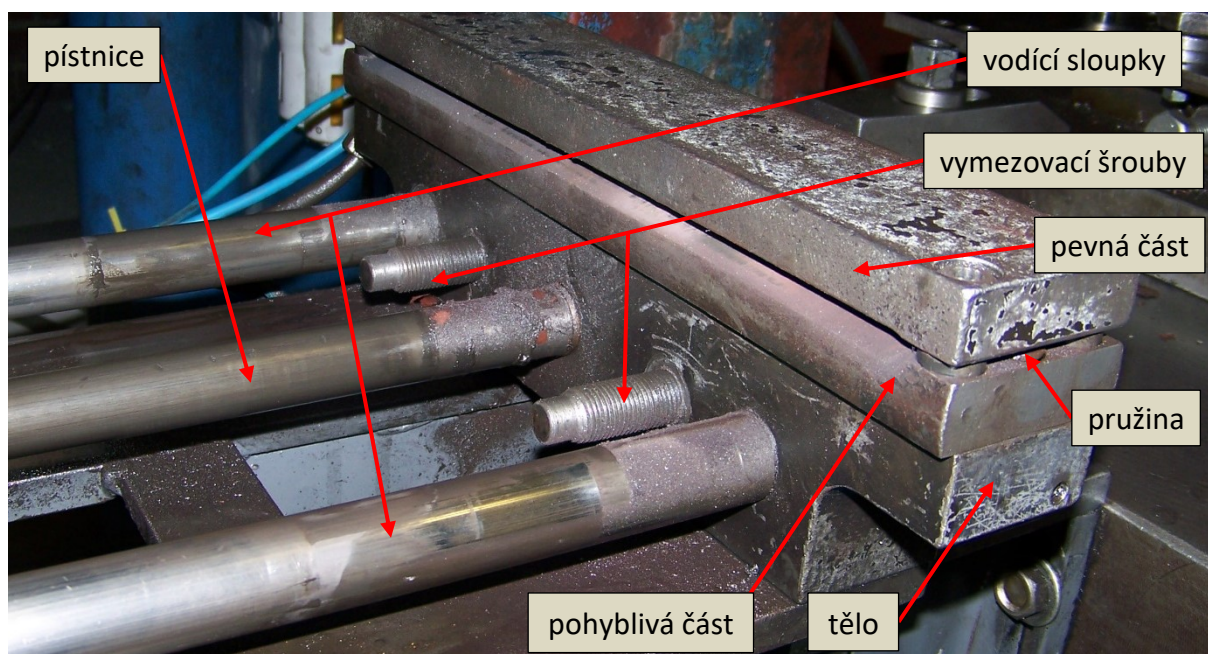
Základní lineární pohyb o délce 310 mm zabezpečuje hlavní pneumatický válec (Obrázek 8). Válec je vyroben z ocelové trubky, která je na zadním konci zaslepena. Přední část je opatřena metrickým závitem s jemným stoupáním M 70×1,5, který slouží ke spojení válce a pohyblivé kleštiny. Píst je vyroben z polyamidu s uložením pro manžety ČSN 02 9268 U 50×63×7,5. Pístnice je ocelová tyč o průměru 22 mm, která je po celé délce opatřena vrtáním pro přívod stlačeného vzduchu pod píst. Konec pístnice je opatřen metrickým závitem jemné řady 16×1,5 pro spojení k pevné kleštině. Druhý konec je opatřen osazením a závitem M16 umožňující spojení s pístem. Utěsnění válce a pohyblivé kleštiny, pístnice a pevné kleštiny je řešeno Cu kroužky.



Obrázek 8 Hlavní válec

1.4.2 Pevná kleština

Pevná kleština se skládá z těla, pohyblivé části a pevné části (Obrázek 9). Tělo zabezpečuje spojení se základním rámem, vodícími sloupky a pístnicí a zároveň slouží jako rozvod média jak pro válec, tak pro písty pohyblivé části. Tělo je také opatřeno závity pro vymezovací šrouby, které slouží k přesnému nastavení délky podání. Pohyblivá část slouží k upínání materiálu a zároveň jsou v ní umístěny čtyři písty zabezpečující její pohyb. Pohyblivá část je nasunuta na distančních válečkách, sloužících jako vedení a zároveň vymezující odsazení mezi pevnou a pohyblivou částí. Proti pohyblivé části je umístěna pevná kleština, která je upevněna k tělu čtyřmi šrouby M8 DIN 912 procházejícími distančními válečky. Zpětný pohyb pohyblivé části je realizován tlačnými pružinami umístěnými mezi pevnou a pohyblivou částí.



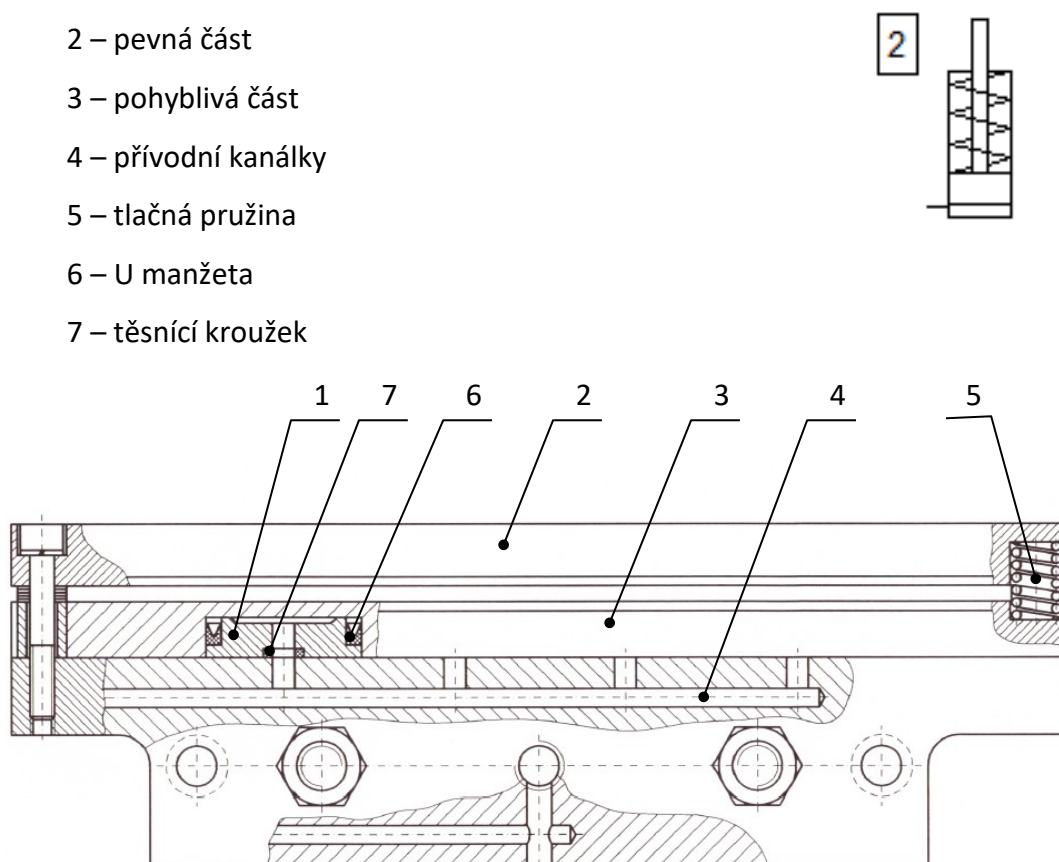
Obrázek 9 Pevná kleština



Obrázek 10 Demontovaná pohyblivá část pevné kleštiny

V pneumatickém schématu jsou písty pevné kleštiny pro přehlednost nahrazeny značkou jednočinného válce vraceného pružinou do základní polohy (Obrázek 11). Pohyblivá část pevné kleštiny je opatřena vrtáním $\varnothing 50$ mm pro čtyři písty s U manžetami ČSN 02 9268 U 40×50×6 (Obrázek 10 a Obrázek 11). Na obrázcích je vidět detail a řez pohyblivou kleštinou, ve které jsou umístěny písty a těsnící kroužky přívodních kanálků. Přívodní kanálky jsou umístěny v těle pevné kleštiny. Po přivedení stlačeného vzduchu nad písty dojde k nadzvednutí pohyblivé část a tím k sevření podávaného materiálu.

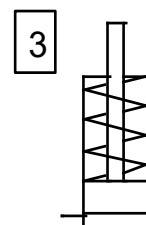
- 1 – píst
- 2 – pevná část
- 3 – pohyblivá část
- 4 – přívodní kanálky
- 5 – tlačná pružina
- 6 – U manžeta
- 7 – těsnící kroužek



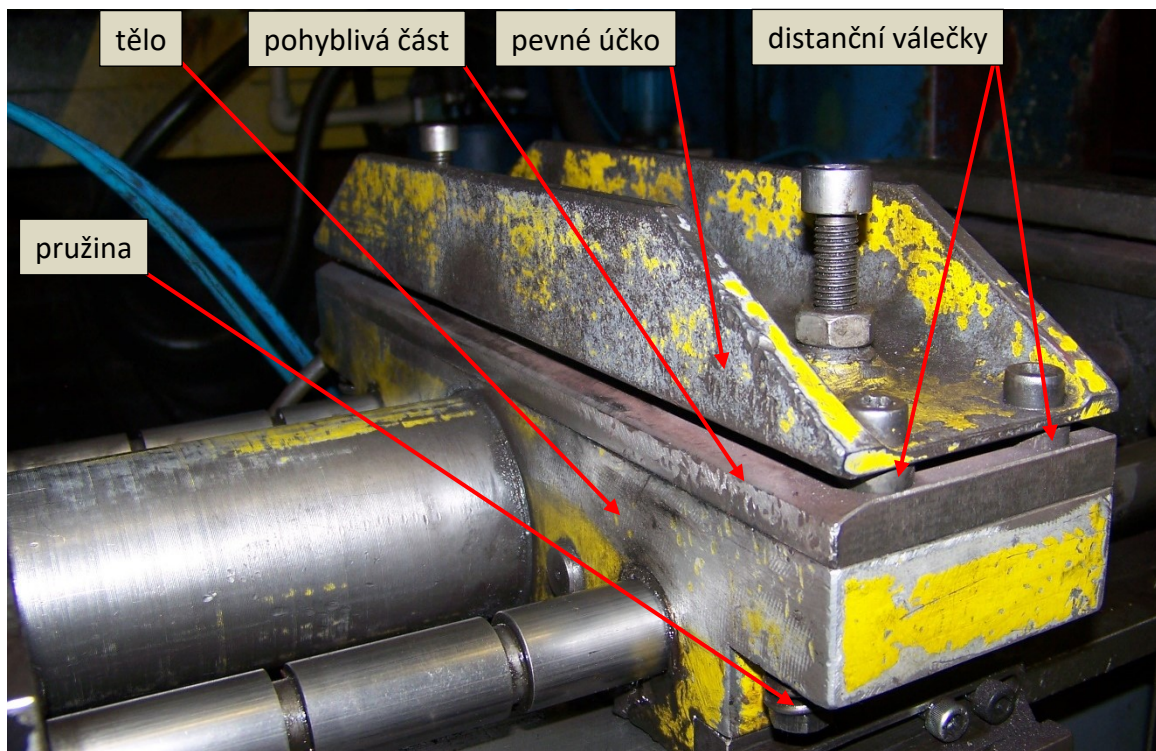
Obrázek 11 Řez pevnou kleštinou ¹

1.4.3 Pohyblivá kleština

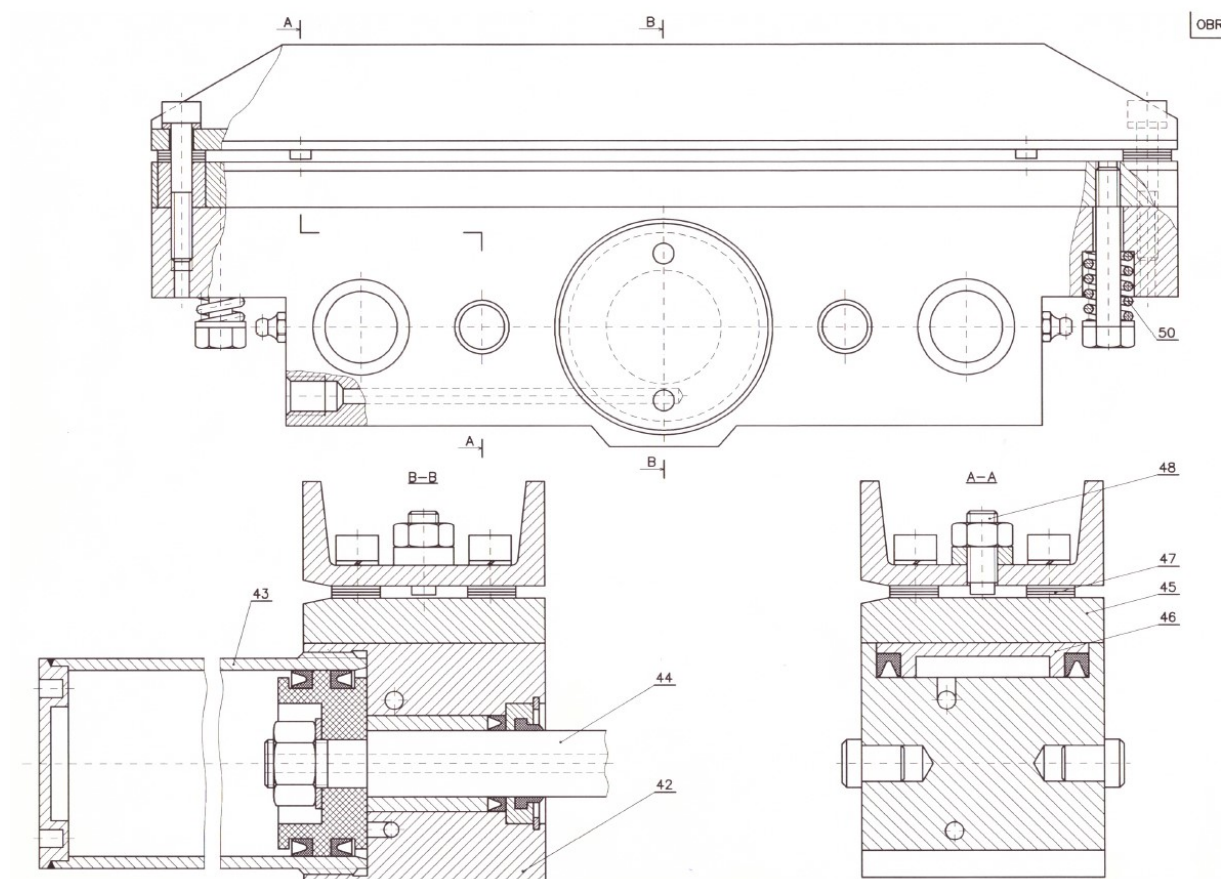
Pohyblivá kleština je složena z těla, pohyblivé části a pevného profilu U (Obrázek 13). Tělo pohyblivé kleštiny je vyrobeno ze slitiny hliníku z důvodu hmotnosti s ohledem na dynamický pohyb, kdy nejsou k brždění v koncových polohách použity tlumiče. Tělo je pomocí závitu M 70×1,5 spojeno s hlavního válcem. Lineární vedení je zabezpečeno bronzovými pouzdry nalisovanými v těle a uloženými na vodících sloupcích. Tato konstrukce zabezpečuje hlavní přímočarý pohyb. Tělo pohyblivé kleštiny je opatřeno vrtáním o $\varnothing 70$ mm pro uložení čtyř pístů s U manžetami ČSN 02 9268 U 50×70×7,5 umožňující zdvih pohyblivé části. V pneumatickém schématu jsou písty pohyblivé kleštiny pro přehlednost nahrazeny značkou jednočinného válce vráceného pružinou do základní polohy (Obrázek 12). Vedení média k hlavnímu pístu a pístům pohyblivé kleštiny je realizováno vrtáním v těle. Pohyblivá část je nasunuta na distančních válečkách, které slouží jako její vedení a zároveň zabezpečují odsazení mezi pohyblivou částí a pevným účkem. Proti pohyblivé části je umístěn pevný profil U, který je připevněn k tělu čtyřmi šrouby M8 DIN 912, procházejícími distančními válečky. Zpětný pohyb je realizován čtyřmi tlačnými pružinami a šrouby ukotvenými v pohyblivé části.



Obrázek 12 pohyblivá kleština



Obrázek 13 Pohyblivá kleština

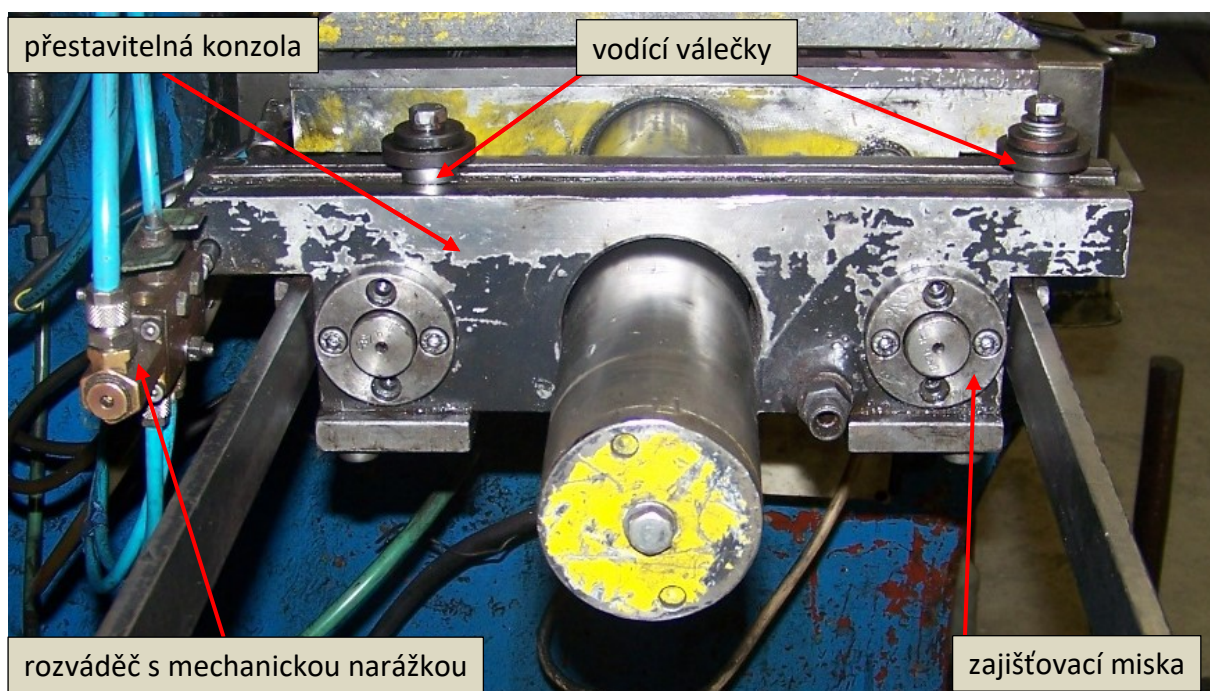


- 43 – hlavní válec
- 44 – pístnice
- 42 – tělo pohyblivé kleštiny
- 46 – píst pevné kleštiny
- 45 – pohyblivá část pevné kleštiny
- 50 – vratná pružina
- 48 – vymežovací šroub

Obrázek 14 Řez pohyblivou kleštinou ¹

1.4.4 Přestavitelná konzola

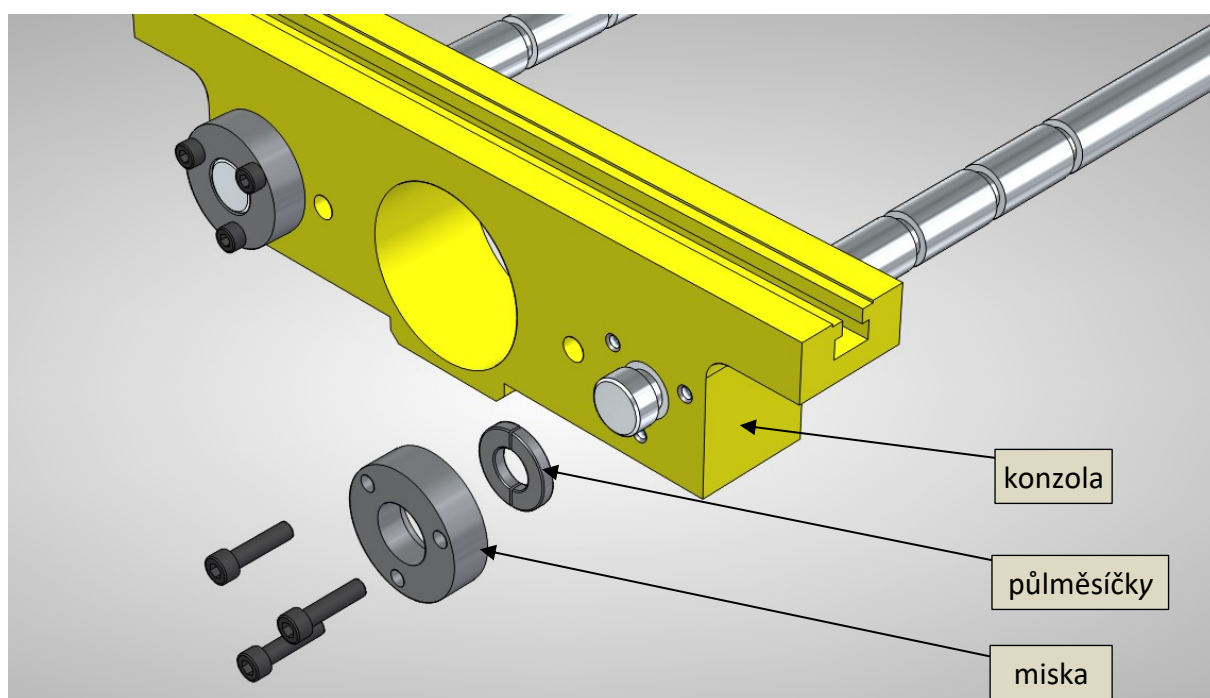
Přestavitelná konzola je tvořena jedním ocelovým blokem (Obrázek 15), sloužícím ke spojení druhé strany vodících sloupků a rámu. Vodicí sloupky procházejí konzolou, k níž jsou upevněny pomocí zajišťovacích misek a měsíčků zapadajících do zápichů ve sloupcích. Zápichy zároveň vymezují vzdálenost konzoly oproti pevné kleštině. Konzola je ze spodní části ukotvena šrouby M12 k základnímu rámu. Ve vrchní části konzoly je vyfrézována T drážka pro ukotvení přestavitelných vodících válečků vymezujících podávaný pás. Konzola zároveň slouží k upevnění rozváděče s mechanickou narážkou a podpěry pro vedení plechu ze smyčky.



Obrázek 15 Konzola

1.4.5 Vodící sloupky

Vodící sloupky slouží jako vedení pohyblivé kleštiny a umožňují vymezení vzdálenosti mezi pevnou kleštinou přestavitelnou konzolou. Vymezení vzdálenosti se provádí pomocí šesti zápichů na vodících sloupcích vzdálených 45 mm. Do zápichů se umísťují půlměsíčky, které se pevně ukotví pomocí zajišťovacích misek k přestavitelné konzole (Obrázek 16). Vzhledem k velkým rozsahům délek podání se toto řešení během provozu osvědčilo. Uchycení je pevné a přesné, umožňující snadnou přestavbu pro různé rozsahy podávané délky.



Obrázek 16 Systém kotvení sloupků ke konzole

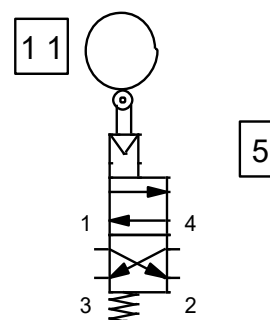
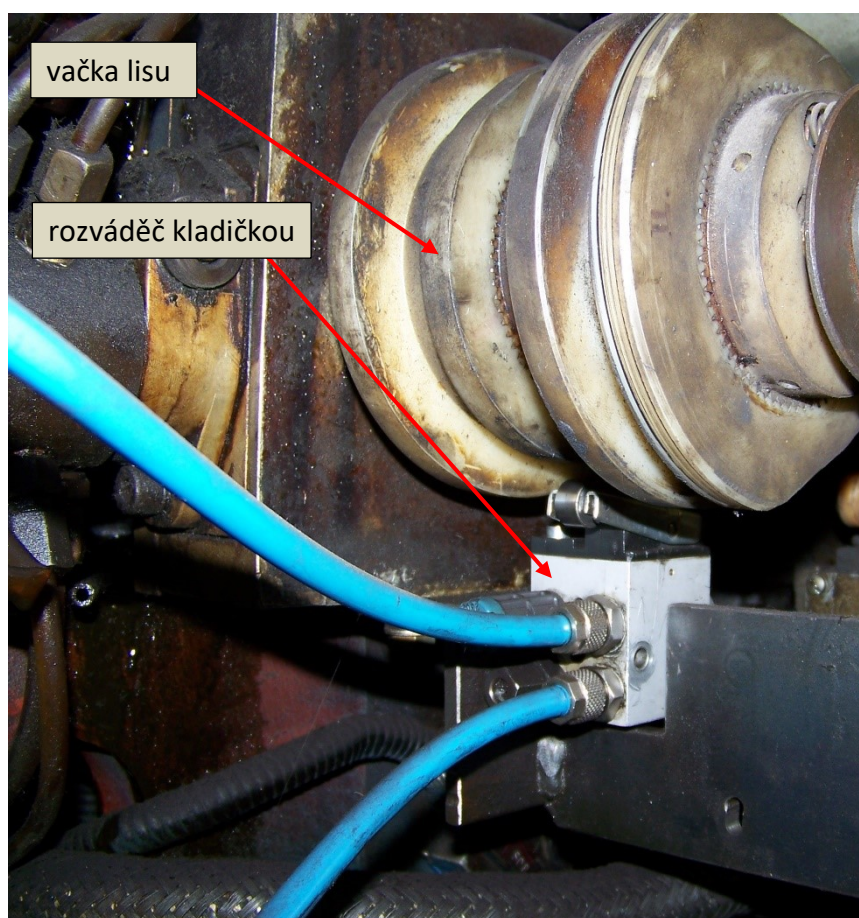
1.5 Řídicí prvky zařízení

Řízení a součinnost podávacího zařízení s pracovním strojem (lisem) zabezpečují tyto řídicí prvky:

- dvupolohový čtyřcestný rozváděč s kladičkou,
- ventilový blok,
- škrticí ventily,
- dvupolohový pěticestý rozváděč s narážkou,
- koncový páčkový spínač.

1.5.1 Dvupolohový čtyřcestný rozváděč s kladičkou

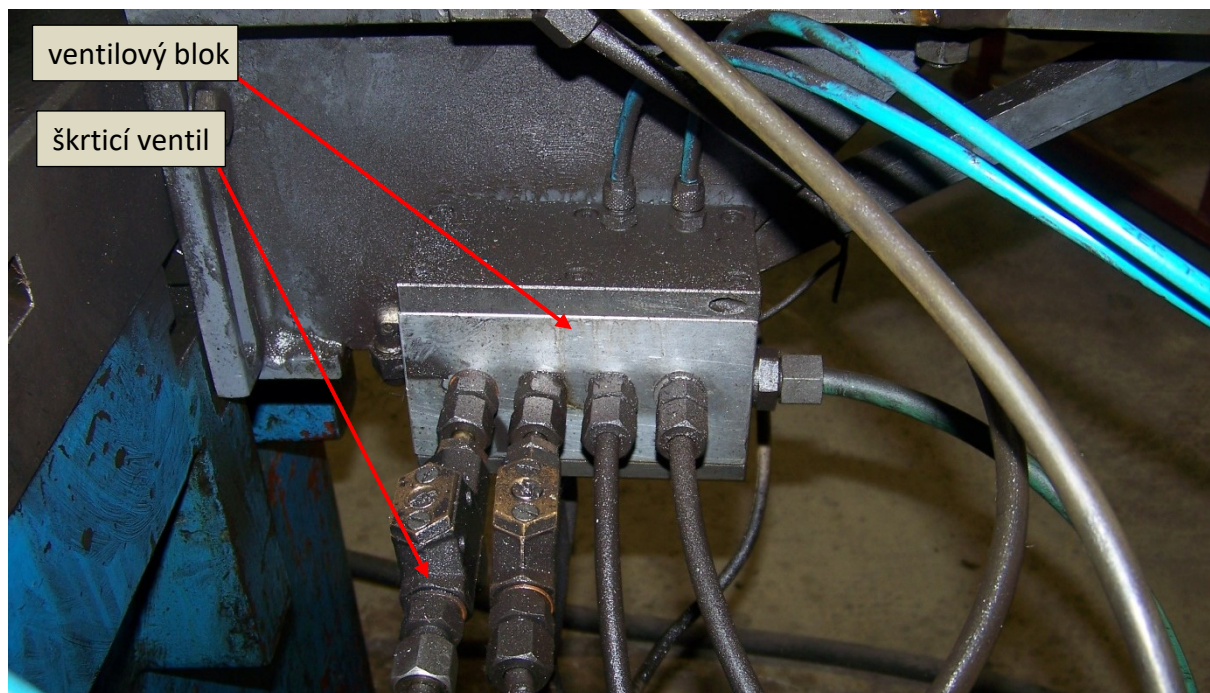
Součinnost cyklů podávacího zařízení a pracovního stroje (lisu) zajišťuje dvupolohový čtyřcestný rozváděč s kladičkou. Rozváděč je ovládán polohovatelnou vačkou spojenou s hřídelí pracovního stroje. Přesné načasování pracovního cyklu podavače je možné nastavit správnou polohou vačky (Obrázek 17).



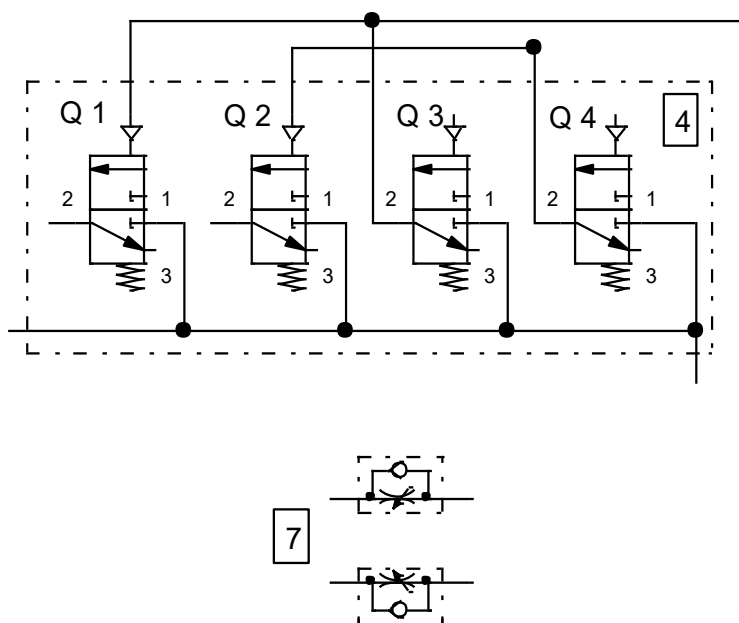
Obrázek 17 Čtyřcestný rozváděč s kladičkou

1.5.2 Ventilový blok a škrticí ventily

Ventilový blok je na současném zařízení vyroben jako jeden celek s vnitřními šoupátky uloženými v rozvodné kostce (Obrázek 18). V současném stavu je toto zařízení velice poruchové vzhledem k jeho opotřebení. Jakákoli výměna vnitřních komponentů, např. U manžet nebo O kroužků, předpokládá kompletní demontáž celého bloku a odstavení zařízení. Škrticí ventily jsou umístěny na výstupech z ventilového bloku v poměrně špatně dostupném místě pro obsluhu. Tlumení hluku v tomto případě není řešeno.

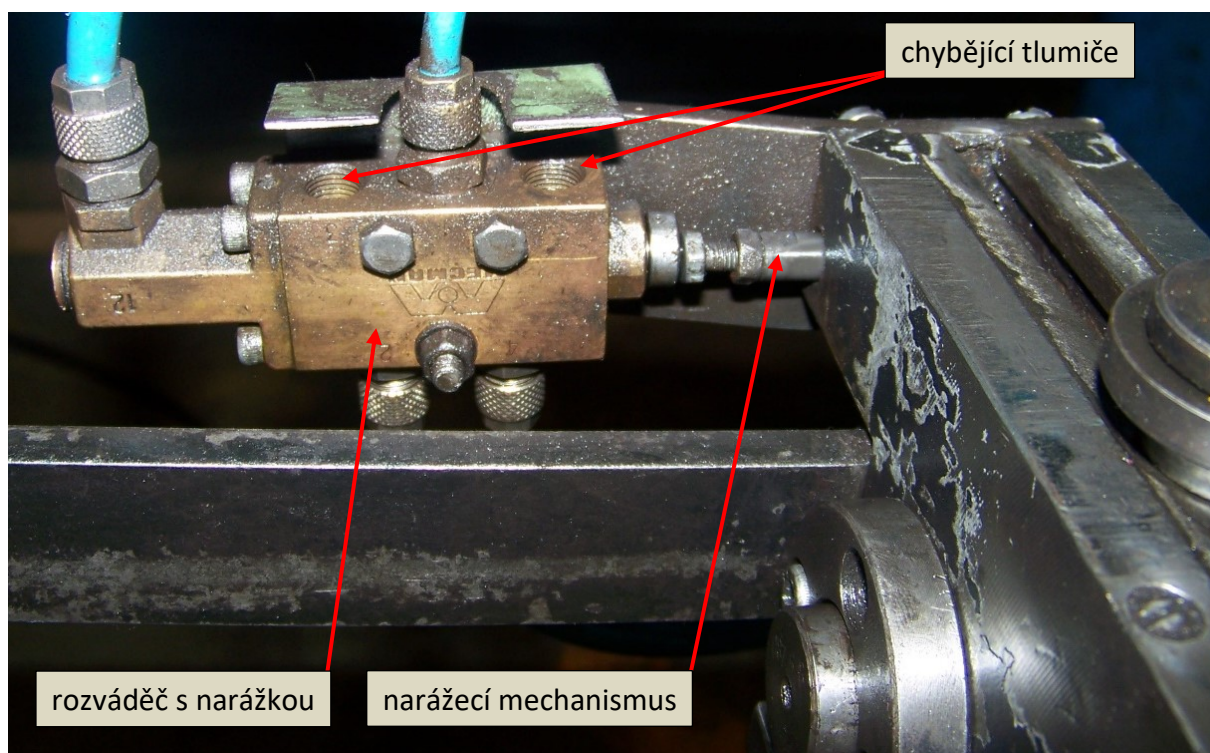


Obrázek 18 Ventilový blok a škrticí ventily

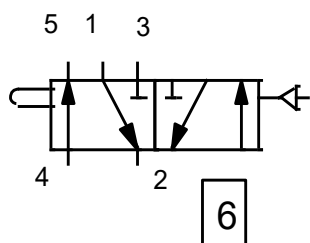


1.5.3 Dvoupolohový pěticestný rozváděč s nárazkou

Dvoupolohový pěticestný rozváděč s nárazkou je upevněn na přestavitelné konzole, ve které je umístěn mechanismus k jeho ovládání. Pokud se přesune pohyblivá kleština do své krajní polohy vzad, dojde k zatlačení nárazky na rozváděči a tím k jeho přepnutí. Opětovné přesunutí šoupátka rozváděče do výchozí polohy je zajištěno pneumaticky. Rozváděč není opatřen tlumiči hluku (Obrázek 19), jejichž primární funkcí je tlumení hluku, ale také zabraňují vnikání nečistot do rozváděče. V tomto případě hrozí poškození zvláště v prostředí, ve kterém je zařízení provozováno.

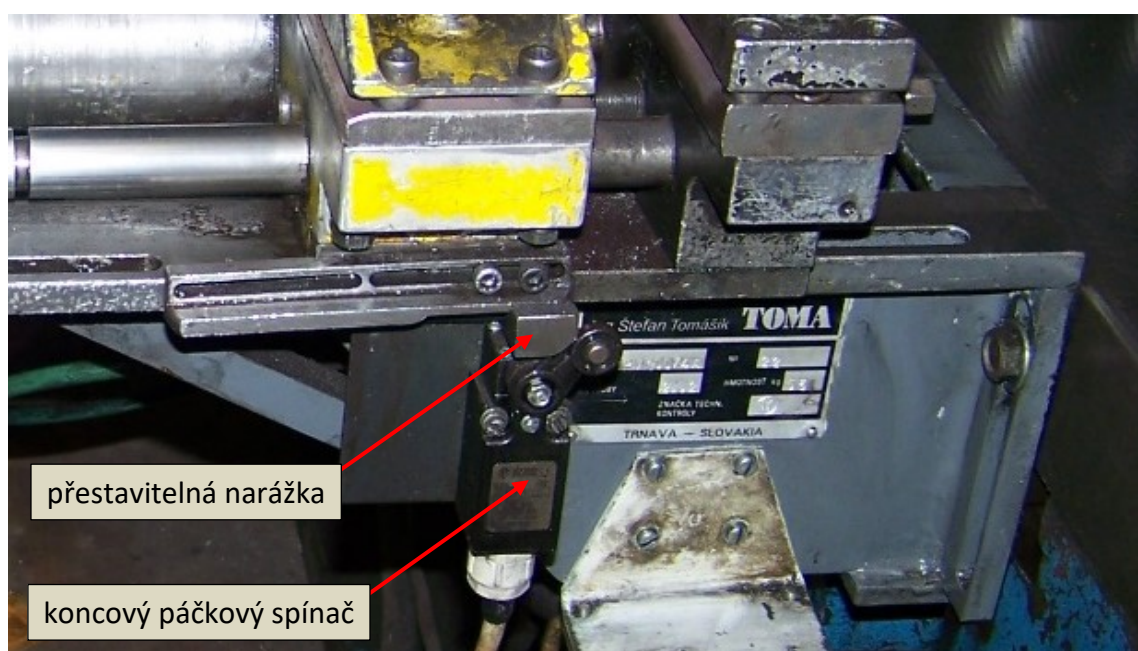


Obrázek 19 Pěticestný rozváděč s nárazkou



1.5.4 Koncový páčkový spínač

Koncový páčkový spínač je umístěn v pevné poloze na základním rámu a slouží k spínání pracovního cyklu stroje (lisu). Páčka spínače je ovládána přestavitelnou narážkou na pohyblivé kleštině (Obrázek 20). Přestavitelnou narážku je nutno při každé změně délky podání seřídit tak, aby nedošlo ke spuštění pracovního cyklu stroje před tím, než pohyblivá kleština dosáhne své koncové polohy vpřed. Pokud není seřízení provedeno správně dochází vlivem předčasného spuštění k nepřesnostem v délce podávaného materiálu.



Obrázek 20 Koncový páčkový spínač

2 Návrh nového řešení podávacího zařízení

Po zhodnocení stavu stávajícího podávacího zařízení budou do nového návrhu zakomponovány tyto hlavní změny:

- nové řešení upínacích kleštín zakomponováním pneumatických prvků,
- nahrazení hlavního válce,
- nahrazení ventilového bloku,
- nahrazení pěticestného rozváděče s narážkou dostupnou alternativou,
- nahrazení škrticích ventilů a jejich vhodnější umístění s ohledem na obsluhu.

V novém návrhu budou zachovány hlavní parametry podávacího zařízení, bude zachován systém ovládání a napojení na hlavní pracovní stroj. S ohledem na prostor budou zachovány hlavní rozměry a systém přestavby podávaných délek.

V návrhu je možno zohlednit že současný provoz disponuje stlačeným vzduchem o provozním tlaku až 0,9 MPa.

2.1 Řešení upínacích kleštín

Při návrhu nové koncepce kleštín jsem vycházel z dostupných pneumatických prvků, jejich vytipování jsem provedl s ohledem na rozměry původních kleštín a jejich upínací síly. V novém návrhu je zohledněna možnost využít dostupný provozní tlak vzduchu až 0,9 MPa. Původní řešení upínacích kleštín je popsáno v kapitolách 1.4.2 Pevná kleština a 1.4.3 Pohyblivá kleština. Snahou při návrhu nového řešení je nahrazení původní koncepce, kdy jsou písty kleštín umístěny přímo v těle kleštiny tak, aby bylo možné při poškození co nejjednodušším zásahem vyměnit poškozený modul.

2.1.1 Výpočet upínací síly sávající pevné kleštiny ³

$$F_{\text{pev}} = n \cdot F_{\text{p.pev}} \quad [\text{N}] \quad (2.1.)$$

kde:

$$F_{\text{p.pev}} = p_1 \cdot S_v \cdot \eta \quad - \text{ tlačná síla jednoho pístu } \quad [\text{N}] \quad (2.2.)$$

$$S_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad - \text{ plocha pístu pevné kleštiny } \quad [\text{mm}^2] \quad (2.3.)$$

$$p_1 = 0,4 \text{ MPa} \quad - \text{ pracovní tlak původního zařízení}$$

$$d = 50 \text{ mm} \quad - \text{ průměr pístu pevné kleštiny}$$

$$\eta = 0,94 \quad - \text{ účinnost pneumatického válce } \eta = (0,9 \div 0,94)$$

$$n = 4 \quad - \text{ počet válců}$$

$$F_{\text{p.pev}} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \eta = 0,4 \cdot \frac{\pi \cdot 50^2}{4} \cdot 0,94 = 746 \text{ N}$$

$$F_{\text{pev}} = n \cdot F_{\text{p.pev}} = 4 \cdot 746 = 2985 \text{ N}$$

Celková upínací síla pevné kleštiny $F_{\text{pev}} = 2\,985 \text{ N}$

2.1.2 Výpočet upínací síly stávající pohyblivé kleštiny ³

$$F_{\text{poh}} = n \cdot F_{\text{p.poh}} \quad [\text{N}] \quad (2.4.)$$

kde:

$$F_{\text{p.poh}} = p_1 \cdot S_v \cdot \eta \quad - \text{ tlačná síla jednoho pístu } \quad [\text{N}] \quad (2.5.)$$

$$S_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad - \text{ plocha pístu pohyblivé kleštiny } \quad [\text{mm}^2] \quad (2.6.)$$

$$p_1 = 0,4 \text{ MPa} \quad - \text{ pracovní tlak původního zařízení}$$

$$d = 70 \text{ mm} \quad - \text{ průměr pístu pohyblivé kleštiny}$$

$$\eta = 0,94 \quad - \text{ účinnost pneumatického válce } \eta = (0,9 \div 0,94)$$

$$n = 4 \quad - \text{ počet válců}$$

$$F_{\text{p.poh}} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \eta = 0,4 \cdot \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 0,94 = 1463 \text{ N}$$

$$F_{\text{poh}} = n \cdot F_{\text{p.poh}} = 4 \cdot 1463 = 5852 \text{ N}$$

Celková upínací síla pohyblivé kleštiny $F_{\text{poh}} = 5\,852 \text{ N}$


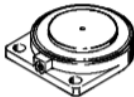
S ohledem na dynamický pohyb je upínání pohyblivé kleštiny dimenzováno na větší svěrnou sílu, aby nedocházelo k prokluzu podávaného materiálu při pohybu a nárazu pohyblivé kleštiny a tím k nepřesnostem v délce podání.

2.1.3 Návrh komponentů pro pracovní zdvih kleštin

Pro nahrazení pístu kleštin jsem zvolil upínací moduly značky Festo. Tyto moduly jsou konstruovány jako membránové jednočinné válce s malými zdvihy, umožňující stavebnicové zakomponování do zařízení určených pro upínací úkony. Moduly jsou dodávány ve dvou provedeních kruhového, nebo obdélníkového tvaru (Obrázek 21). Vzhledem k vypočteným parametrům původních kleštin a k možnostem zástavby do konstrukce podavače. Těmito parametry nejlépe odpovídají kruhové moduly, pro pevnou kleštinu Ø 40 mm, pro pohyblivou kleštinu Ø 63 mm (Obrázek 21). Základní parametry a rozměry jsou uvedeny v tabulce 3 a na obrázku 22.

Upínací moduly EV

přehled dodávek

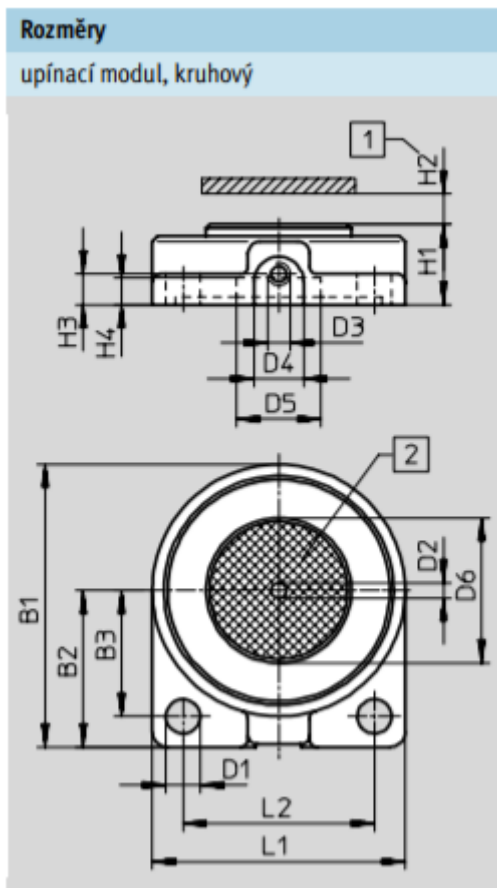
funkce	provedení	typ	upínací plocha [mm]	zdvih [mm]
jednočinný pohon	upínací modul, hranatý tvar			
		EV	10x30	3
			15x40	4
			15x63	4
			20x75	5
			20x120	5
			20x180	5
	upínací modul, kruhový			
		EV	Ø 12	3
			Ø 16	4
			Ø 20	4
			Ø 25	4
			Ø 32	5
			Ø 40	5
			Ø 50	5
			Ø 63	5

Síly [N] – upínací modul, kruhový tvar								
Ø upínací plochy	12	16	20	25	32	40	50	63
upínací síla při 6 barech, zdvih 1 mm	55	102	162	226	376	680	1 090	1 660
upínací síla při 6 barech, zdvih maximální	56	125	187	271	456	675	1 075	1 640

Obrázek 21 Upínací moduly ⁷

Tabulka 3 Základní parametry⁷

typ		EV-40-5	EV-63-5
Ø upínací plochy	[mm]	40	63
upínací síla při 0,6 MPa, zdvih 1 mm	[N]	680	1660
upínací síla při 0,6 MPa, zdvih maximální	[N]	675	1640
B1	[mm]	57	80
B2	[mm]	30,5	42
B3	[mm]	25	34
Ø D1	[mm]	5,5	5,5
Ø D2	[mm]	2	2
D3	[mm]	M3	M3
Ø D4	[mm]	6,5	6,5
Ø D5	[mm]	31	41
H1	[mm]	10,5	10,5
H2	[mm]	5	5
H3	[mm]	4	4
H4	[mm]	2,5	2,5
L1	[mm]	53	76
L2	[mm]	42	60



Obrázek 22 Rozměry⁷

Podle parametrů výrobce (Tabulka 3) budou při tlaku 0,6 MPa a použití vhodného počtu upínacích modulů na příslušnou kleštinu a zvolené účinnosti $\eta = 0,94$ síly následujících parametrů:

Pevná kleština při použití 5 upínacích modulů EV-40-5

$$F_{\text{pev}} = n \cdot F_{\text{p.pev}} \cdot \eta \quad [\text{N}] \quad (2.7.)$$

$$F_{\text{pev}} = 5 \cdot 675 \cdot 0,94 = 3206 \text{ N}$$

Pohyblivá kleština při použití 4 upínacích modulů EV-63-5

$$F_{\text{poh}} = n \cdot F_{\text{p.poh}} \cdot \eta \quad [\text{N}] \quad (2.8.)$$

$$F_{\text{poh}} = 4 \cdot 1640 \cdot 0,94 = 6232 \text{ N}$$

Dle předchozích výpočtů navržené moduly EV-40-5 při použití 5 modulů pro pevnou kleštinu a EV-63-5 při použití 4 modulů spolehlivě nahradí stávající řešení.

2.2 Řešení hlavního pohonu

Při návrhu hlavního pohonu jsem vycházel z dostupných pneumatických prvků, s ohledem na parametry stávajícího pneumatického válce. V novém návrhu je také zohledněn pracovní tlak, který bude nastaven s ohledem na maximální pracovní tlak vybraných upínacích modulů na 0,6 MPa. Původní řešení hlavního pohonu je popsáno v kapitole 1.4.1 Hlavní válec. Snahou při nahrazení hlavního válce je, stejně jako u upínacích kleštín, zjednodušení výměny při opotřebení a nahrazení již technicky nevyhovujícího hlavního válce.

2.2.1 Výpočet parametrů stávajícího hlavního válce ³

Pohyb vpřed je vzhledem ke konstrukci vykonáván při vstupu pracovního tlaku ze strany pístnice. Z tohoto důvodu je síla pro pohyb vpřed nižší, což je způsobeno zmenšením plochy pístu o plochu průřezu pístnice. Vzhledem k tomu že při pohybu vzad nedochází k přesunu podávaného materiálu a je pouze přesouvána pohyblivá kleština, nebudu pro výpočet pohyb vzad uvažovat. S ohledem na technický stav stávajícího hlavního válce budu počítat se sníženou účinností $\eta = 0,9$.

$$F_1 = p_1 \cdot (S_1 - S_2) \cdot \eta \quad \text{– tlačná síla pístu válce vpřed} \quad [\text{N}] \quad (2.9.)$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad \text{– plocha pístu válce} \quad [\text{mm}^2] \quad (2.10.)$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{– plocha pístnice válce} \quad [\text{mm}^2] \quad (2.11.)$$

$$p_1 = 0,4 \text{ MPa} \quad \text{– pracovní tlak původního zařízení}$$

$$D = 63 \text{ mm} \quad \text{– průměr pístu válce}$$

$$d = 22 \text{ mm} \quad \text{– průměr pístnice válce}$$

$$\eta = 0,9 \quad \text{– účinnost pneumatického válce } \eta = (0,9 \div 0,94)$$

$$F_1 = p_1 \cdot (S_1 - S_2) \cdot \eta = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta \quad (2.12.)$$

$$F_1 = 0,4 \cdot \frac{\pi \cdot (63^2 - 22^2)}{4} \cdot 0,9 = 985 \text{ N}$$

Síla Hlavního válce při pohybu vpřed je 985 N, délka zdvihu je 310 mm.

2.2.2 Návrh hlavního pohonu

Jako náhradu hlavního pohonu jsem zvolil válec značky Festo ve variantě kompaktního válce (Obrázek 23). Mezi hlavní výhodu těchto válců patří úspora místa oproti jiným válcům a kompaktní povrch bez drážek a hran, kde se nemohou zachytávat nečistoty. Vzhledem ke konstrukci podávacího zařízení vyhovuje tato řada jak uchycením, tvarem i možností volby prodloužené pístnice. Z důvodů konstrukce je nutné, aby pístnice procházela pohyblivou kleštinou a musí tak mít o šířku kleštiny větší délku.



Obrázek 23 Kompaktní válec Festo⁸

Kompaktní válce CDC, ISO 21287, Clean Design

technické údaje

Síly [N] a energie nárazu [J]						
Ø pístu	20	25	32	40	50	
teoretická síla při 6 barech, pohyb vpřed	188	295	483	754	1 178	S2
	141	247	415	686	1 057	
teoretická síla při 6 barech, pohyb vzad	141	247	415	686	1 057	
max. energie nárazu	0,2	0,3	0,4	0,7	1	
v koncových polohách	0,1	0,15	0,2	0,35	0,5	S6

Obrázek 24 Parametry kompaktního válce Festo⁸

Vzhledem k dostupnému provoznímu tlaku je možné použít válec s průměrem pístu 50 mm, kdy teoretická síla pro pohyb vzad při provozním tlaku 0,6 MPa $F_t = 1057 \text{ N}$ (Obrázek 24), při účinnosti $\eta = 0,94$ bude skutečná síla při pohybu vzad:

$$F_v = F_t \cdot \eta \quad (2.13.)$$

$$F_v = 1057 \cdot 0,94 = 1006 \text{ N}$$

Označení vytipovaného válce CDC-50-310-A-P-A-R-50K8.

S ohledem na maximální přípustnou energii nárazu pro vybraný typ válce a skutečnost, že zařízení není osazeno tlumiči nárazu, jsem provedl kontrolu maximální rychlosti válce při nárazu.

Maximální přípustná rychlost nárazu ⁸ v_{\max}

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\max}}{m_{\text{vlastní}} + m_{\text{zátěž.}}}} \quad (2.14.)$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1,05 + 12,9}} = 0,37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$E_{\max} = 1 \text{ J}$ — maximální přípustná energie nárazu (Obrázek 24)

$m_{\text{vlastní}} = 1,05 \text{ kg}$ — vlastní hmotnost pohonu (Festo parametry)

$m_{\text{zátěž.}} = 12,9 \text{ kg}$ — hmotnost zátěže

$m_k = 11,4 \text{ kg}$ — hmotnost pohyblivé kleštiny (odečteno Solid Edge)

$m_{\text{materiálu}} = 1,45 \text{ kg}$ — maximální hmotnost podávaného materiálu

$m_{\text{zátěž.}} = m_k + m_{\text{mat.}} = 11,4 + 1,45 = 12,9 \text{ kg}$

Dle diagramu závislosti rychlosti podání na délce podávaného materiálu (kapitola 1.1) dosahuje původní zařízení při délce podání $l = 300 \text{ mm}$, počtu zdvihů $n = 32 \text{ min}^{-1}$ maximální rychlosti v_{\max} :

$$v_{\max} = \frac{2 \cdot l}{t} = \frac{2 \cdot 0,3}{1,9} = 0,32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2.15.)$$

kde:

$t = 1,9 \text{ s}$ — čas jednoho zdvihu

$l = 300 \text{ mm}$ — délka podání

Rychlost zařízení nebude ovlivněna parametry nového pohonu.

2.2.3 Alternativní řešení hlavního pohonu

Možným řešením hlavního pohonu je využití bezpístnicového válce s magnetickým přenosem síly. Oproti tradičním pneumatickým válcům toto řešení umožňuje úsporu zástavbového prostoru při zachování původní délky zdvihu. Tato alternativa by umožnila redukovat délku zařízení o délku výsuvu pístnice při provozu zařízení. K tomuto účelu jsem vytipoval bezpístnicový pneumatický válec značky SMC řady CY3-B. Pro konkrétní řešení vyhovuje základní typ CY3B 50 G-310 s průměre pístu $D = 50 \text{ mm}$.

$$F_v = F_t \cdot \mu \quad (2.16.)$$

$$F_v = 1400 \cdot 0,94 = 1330 \text{ N}$$

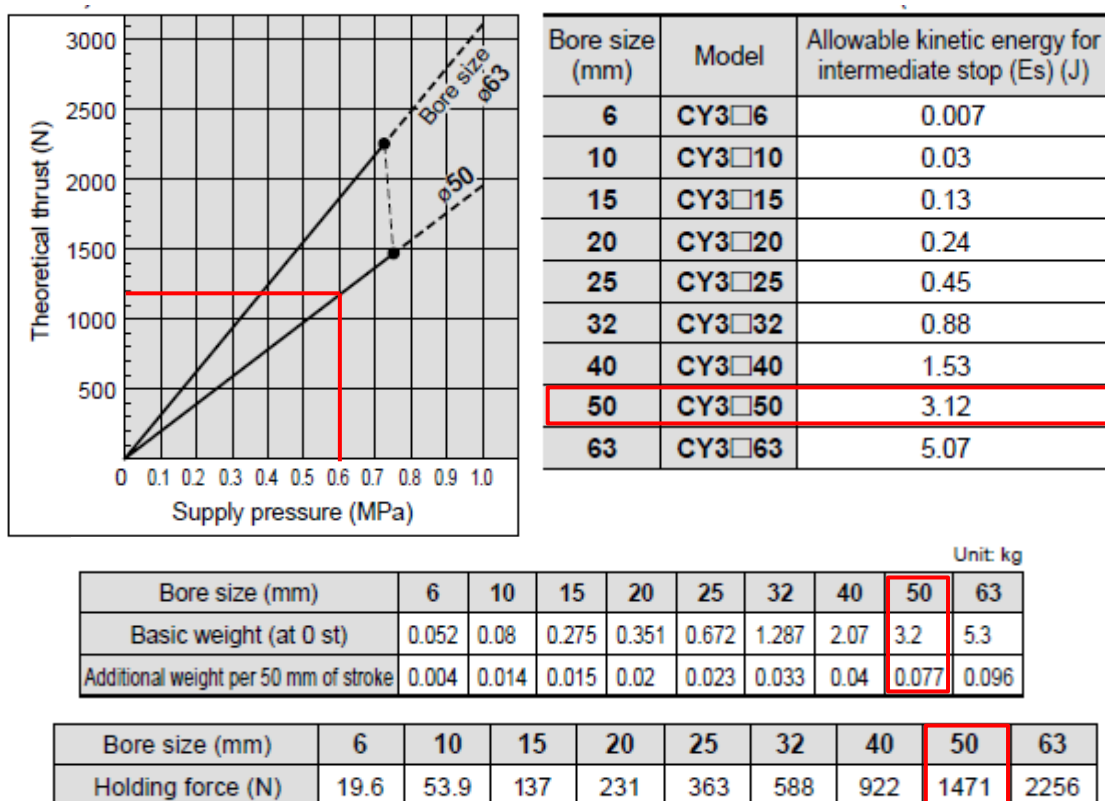
kde:

$$F_t = 1400 \text{ N} \quad - \text{teoretická síla při provozním tlaku } 0,6 \text{ MPa (Obrázek 25)}$$

$$\eta = 0,94 \quad - \text{účinnost pneumatického válce } \eta = (0,9 \div 0,94)$$

S ohledem na parametry pohonu a předchozí výpočty pro maximální přípustnou rychlost nárazu kapitola 2.2.2 Návrh hlavního pohonu je možné použít tento typ lineárního pohonu.

Z důvodu vysoké ceny dodávaného pohonu nebyla tato alternativa zvolena.



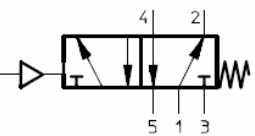
Obrázek 25 Základní parametry CY3-B⁹

2.3 Vytipování řídicích a pracovních rozváděčů

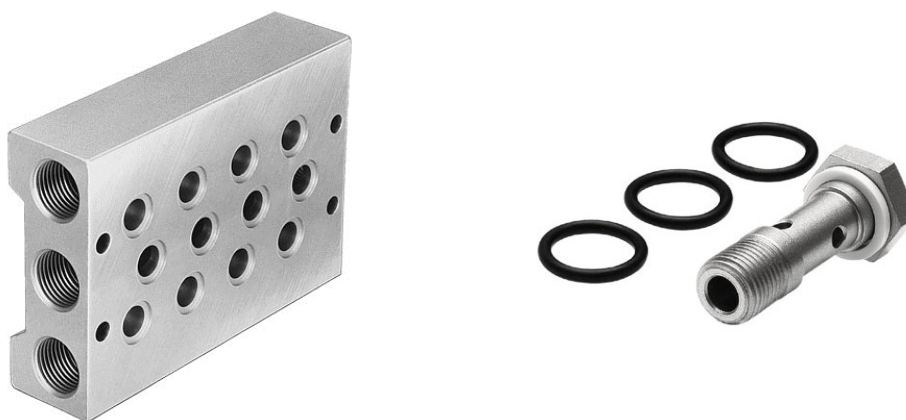
Jako náhradu za opotřebené a nevyhovující řídicí a pracovní rozváděče jsem využil dostupné prvky značky Festo dle parametrů původních prvků s ohledem na navržené pohony.

2.3.1 Ventilový blok

Původní ventilový blok je popsán v kapitole 1.5.2 Ventilový blok a škrticí ventily. Nový blok bude sestaven z dostupných komponentů Festo. Jako nové řešení volím čtyři pneumaticky ovládané dvoupolohové třístenné rozváděče VL/O-3-1/4 (Obrázek 26). Rozváděče budou spojeny pomocí přípojovacího bloku PRS-1/4-4 a upevněny dutým šroubem VT-1/4-PRS (Obrázek 27). Přívod media bude napojen L-šroubením s nástrčnou koncovkou QSL-1/2-16. Tlumení hluku při odvětrávání zabezpečí tlumiče AMTE-M-LH-G12 napojené do bloku.

Údaje pro objednávky				
schématická značka	popis	připojení pneumatiky	č. dílu	typ
	návrat do základní polohy mechanicky	G 1/8	9 764	VL-5-1/8
		G 1/4	9 199	VL-5-1/4
		G 1/2	9 445	VL-5-1/2

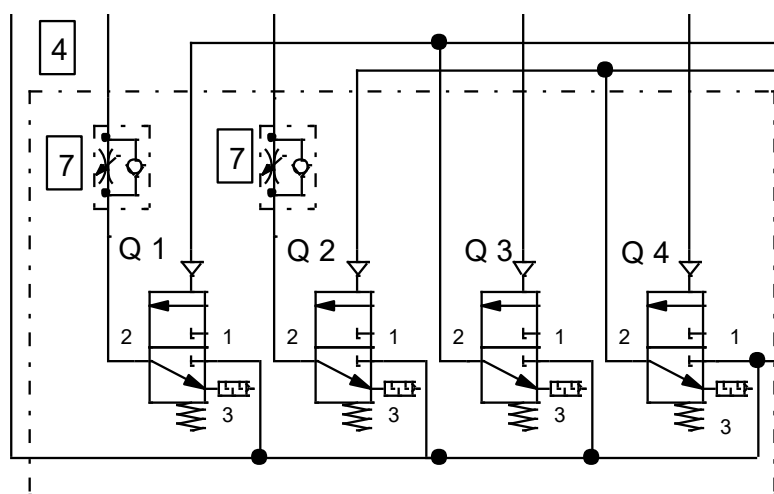
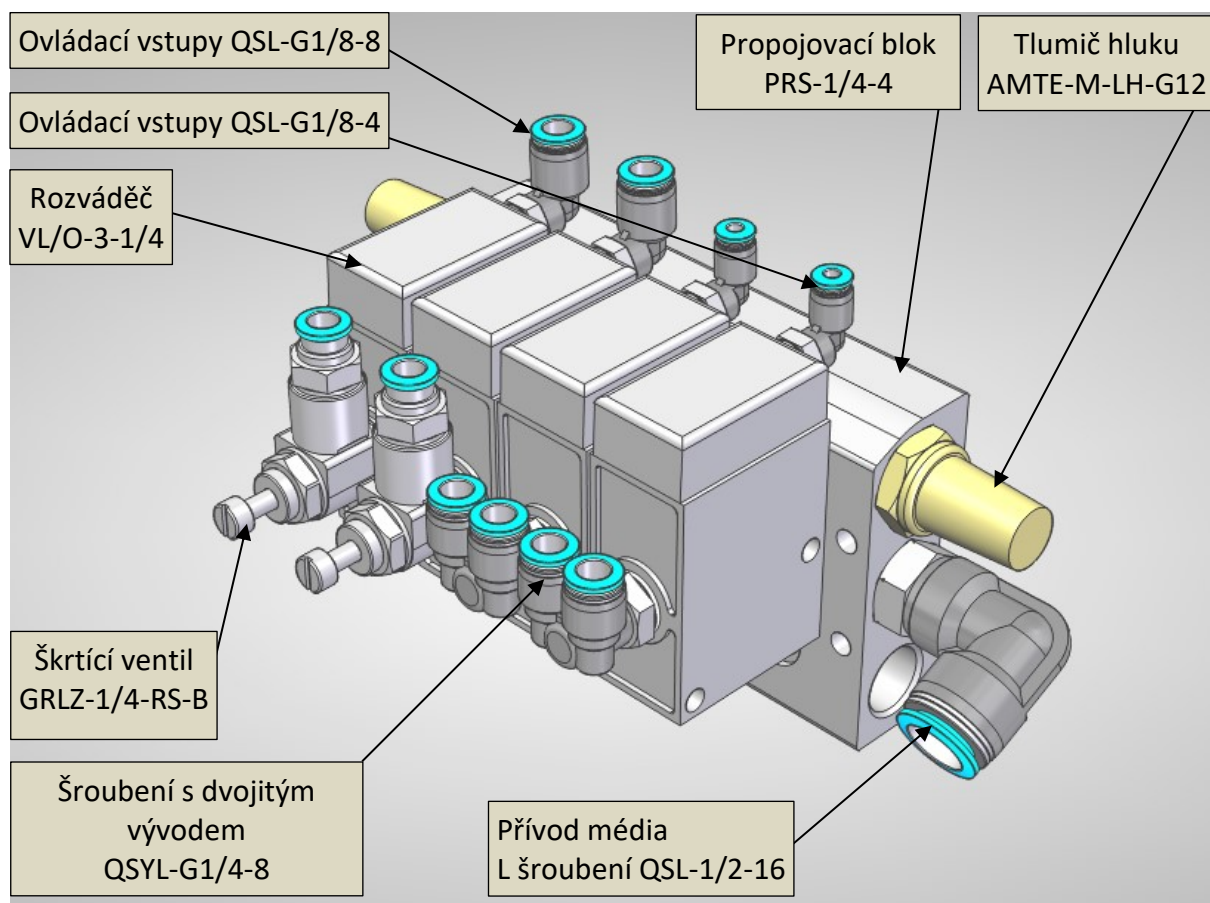
Obrázek 26 Rozváděče VL/O-3-1/4 ¹⁰



Obrázek 27 Propojovací blok a dutý šroub ¹⁰

Přímo na výstupech z rozváděčů budou pomocí šroubení umístěny jednosměrné škrticí ventily GRLZ-1/4-RS-B sloužící k řízení rychlosti hlavního pohonu. Propojení bude provedeno nástrčným šroubením G 1/4 s vývodem na hadičku Ø 8 mm a šroubením G 1/8 s vývodem na hadičku Ø 4 mm k propojení ovládacích vstupů. Přívod média bude propojen nástrčným šroubením G 1/2 s napojením na hadičku světlost 16 mm. Blok bude tvořit jeden celek

(Obrázek 28). Toto řešení umožňuje snadnou výměnu jednotlivých dílů v případě poruchy a zkrátí tak prostoje ve výrobě.



Obrázek 28 Ventilový blok

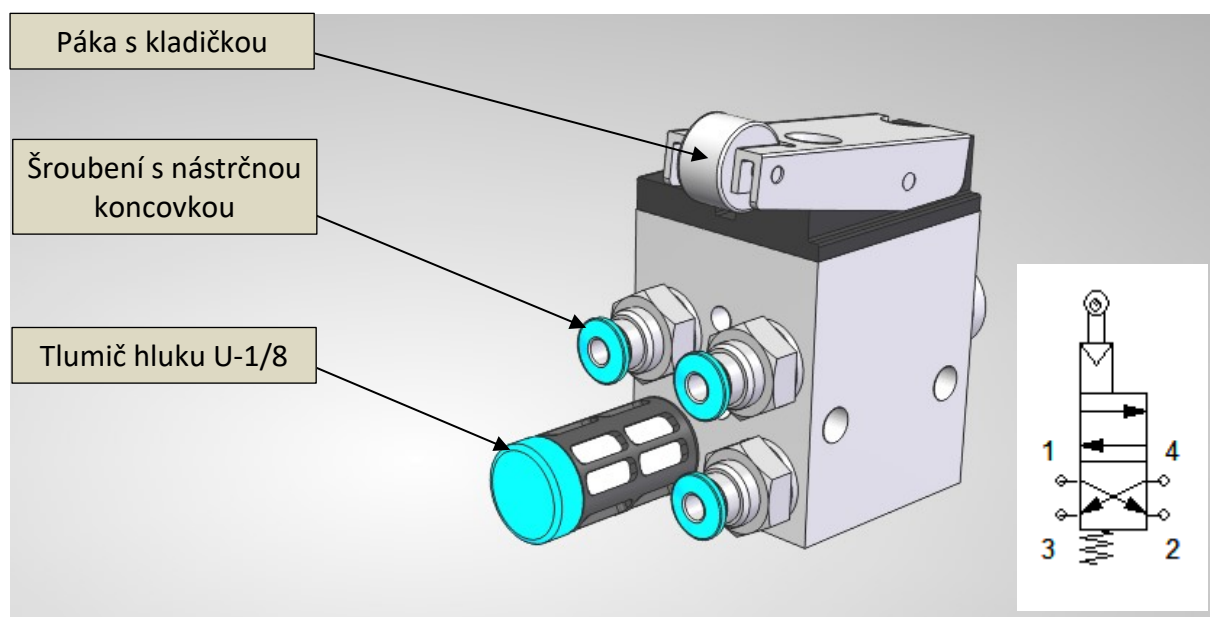
Seznam použitých prvků sestaveného ventilového bloku je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4 Seznam použitých prvků ventilového bloku

popis	označení	ks	zdroj
Pneumaticky ovládaný dvupolohový třicestný rozváděč	VL/O-3-1/4	4	[9]
Propojovací blok	PRS-1/4-4	1	[9]
Tlumiče hluku	AMTE-M-LH-G12	2	[12]
Jednosměrné škrťací ventily	GRLZ-1/4-RS-B	2	[11]
L-šroubení s nástrčnou koncovkou	QSL-G1/8-4	2	[10]
L-šroubení s nástrčnou koncovkou	QSL-G1/8-8	2	[10]
Y-šroubení s nástrčnými koncovkami	QSYL-G1/4-8	2	[10]
L-šroubení s nástrčnou koncovkou	QSL-1/2-16	1	[10]
Přímé šroubení s nás. koncovkou	QS-G1/4-8	2	[10]
Dutý šroub	VT-1/4-PRS	4	[9]

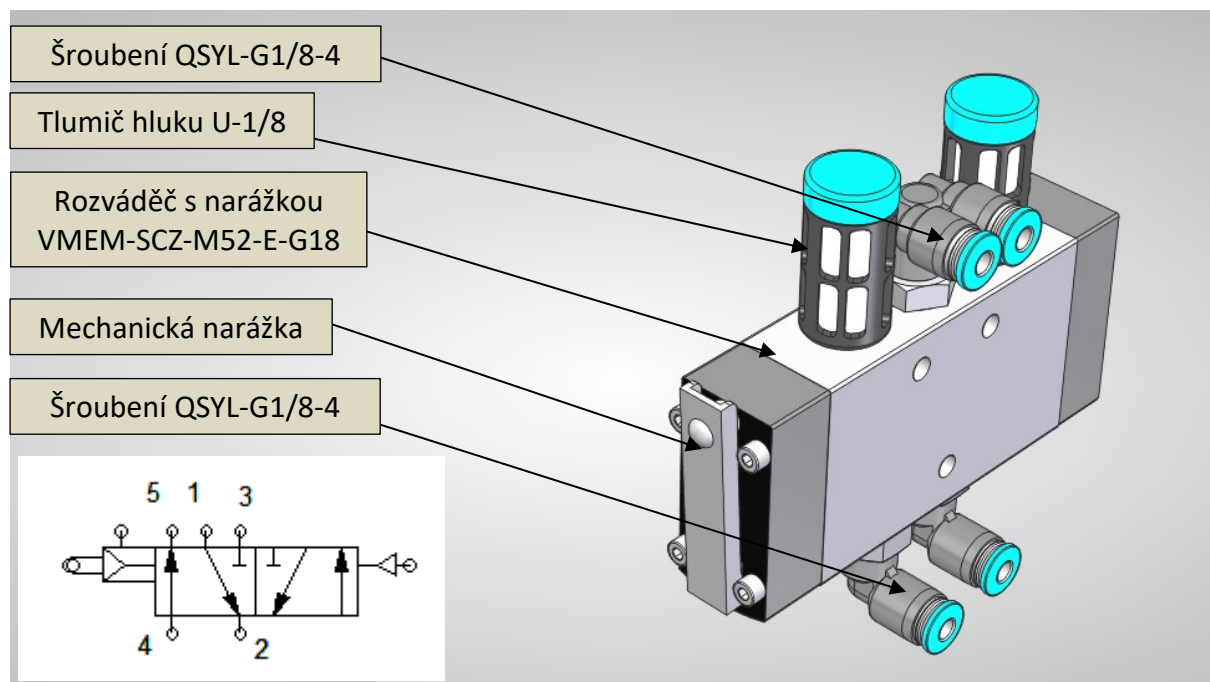
2.3.2 Řídící pneumatické prvky

Pracovní cyklus pneumatického podávacího zařízení je řízen dvupolohovým čtyřcestným rozváděčem s kladičkou, který je ovládán vačkou z pracovního stroje (lisu) popsaného v kapitole 1.5.1. Jako náhradu volím čtyřcestný dvupolohový monostabilní rozváděč RS-4-1/8 s pákou a kladičkou (Obrázek 29). Rozváděč je nepřímo řízený vnějším řídícím tlakem, návrat do výchozí polohy zabezpečuje mechanická pružina. Rozváděč je opatřen na výstupu pro odvětrání tlumičem a na pracovních vstupech šroubením s nástrčnými koncovkami pro pneumatickou hadičku o průměru 4 mm.



Obrázek 29 Rozváděč RS-4-1/8

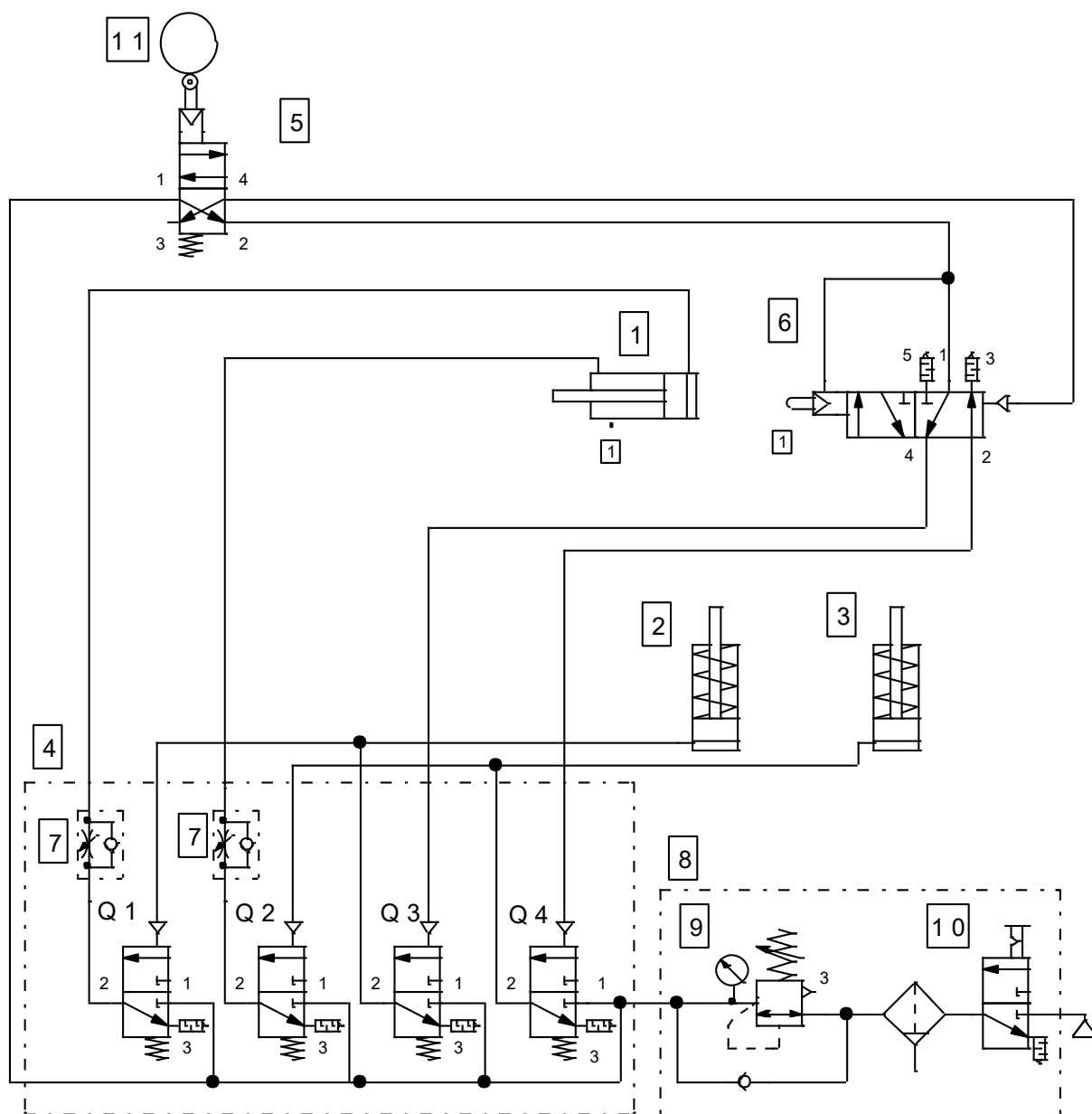
Přepnutí pracovního cyklu při dosáhnutí koncové polohy zabezpečuje rozváděč s mechanickou nárazkou popsaný v kapitole 1.5.3. Jako náhradu za opotřeбенý původní rozváděč volím pěticestný dvoupolohový monostabilní rozváděč VMEM-SCZ-M52-E-G18 s mechanickou nárazkou (Obrázek 30). Rozváděč je nepřímý řízený vnějším řídicím tlakem, návrat do základní polohy je realizován pneumatickou pružinou. Rozváděč bude opatřen na výstupech tlumiči a zapojen do pneumatického obvodu pomocí šroubení s nástrčnými koncovkami pro pneumatickou hadičku o průměru 4 mm. Rozváděč bude vhodně umístěn na přestavitelné konzole tak, aby došlo k sepnutí při dojezdu pohyblivé kleštiny do své konečné polohy vzad. Vzhledem k tomu, že se jedná o rozváděč nepřímý řízený vnějším řídicím tlakem jsem provedl úpravu zapojení pro správnou funkci rozváděče propojením řídicího vstupu se zdrojem tlaku (Obrázek 31).



Obrázek 30 VMEM-SCZ-M52-E-G18

Tabulka 5 Seznam použitých prvků pro řízení

popis	označení	ks	zdroj
Rozváděč 5/2 s mech. nárazkou	VMEM-SCZ-M52-E-G18	1	[13]
Rozváděč 4/2 s pákou a kladičkou	RS-4-1/8	1	[13]
Tlumiče hluku	U-1/8	3	[12]
Y-šroubení s nástrčnými koncovkami	QSYL-G1/8-4	1	[10]
L-šroubení s nástrčnou koncovkou	QSL-G1/8-4	4	[10]
Přímé šroubení s nástrčnou koncovkou	QS-G1/8-4	3	[10]

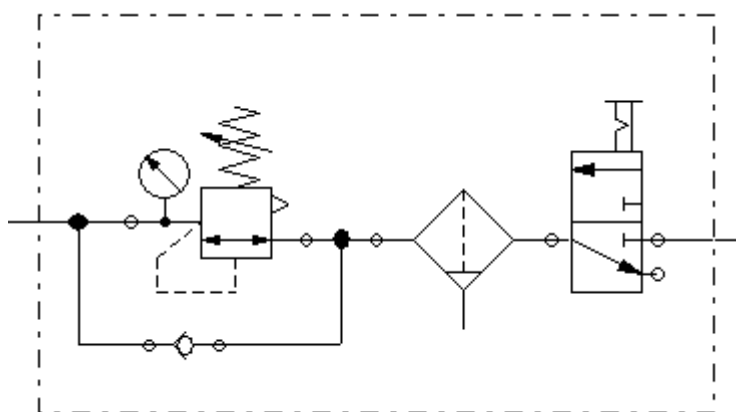
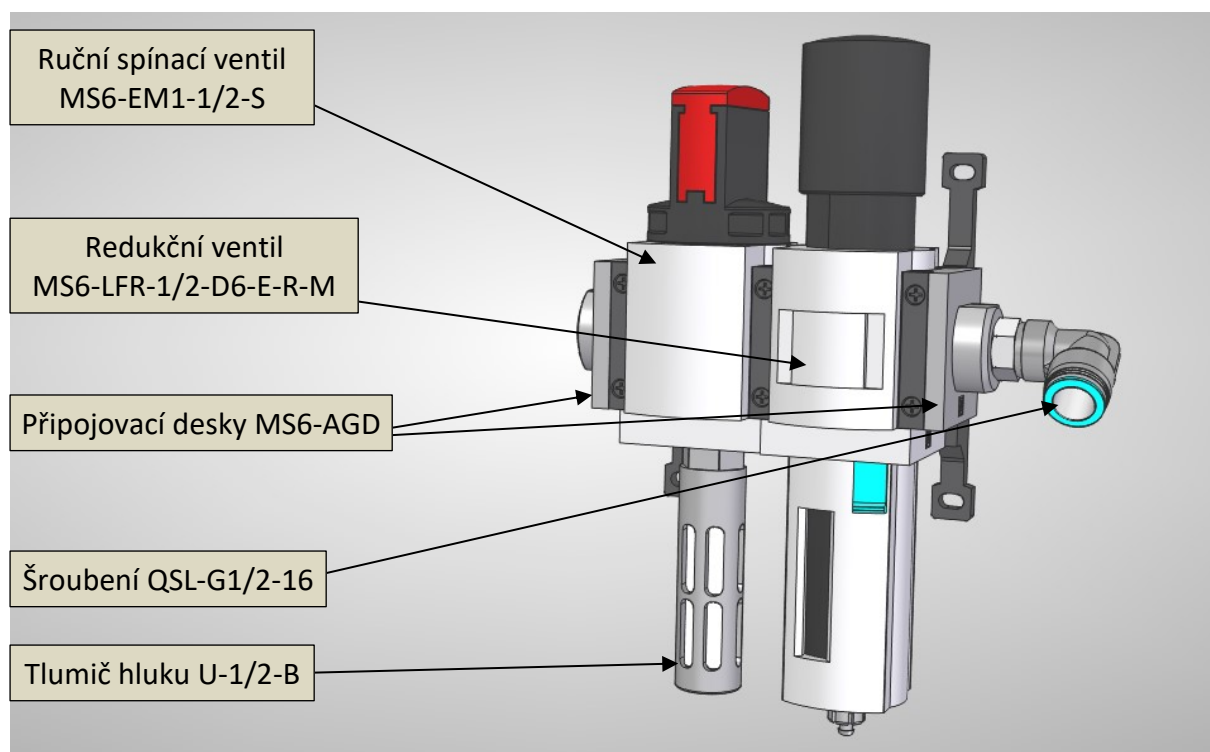


- 1 – Hlavní válec
- 2 – Pevná kleština
- 3 – Pohyblivá kleština
- 4 – Ventilový blok (rozdávěče Q1, Q2, Q3, Q4)
- 5 – Rozváděč s pákou a kladičkou
- 6 – Rozváděč s mechanickou nárazkou
- 7 – Jednosměrný škrťací ventil GRLZ-1/4-RS-B
- 8 – Blok pro úpravu média
- 9 – Redukční ventil s filtrem MS6-LFR-1/2-D6-E-R-M
- 10 – Ruční spínací ventil MS6-EM1-1/2-S
- 11 – Stavitelná vačka pracovního stroje

Obrázek 31 Nové pneumatické schéma

2.3.3 Blok pro úpravu média

Vzhledem k tomu, že dochází k výměně všech pneumatických prvků a vybrané komponenty již nevyžadují provoz s přimazáváním olejem, je vhodné vyřadit z činnosti jednotku domazávání. V tomto případě navrhuji kompletní výměnu zastaralé jednotky za nový kompaktní typ složený z ručního spínacího ventilu MS6-EM1-1/2-S a redukčního ventilu MS6-LFR-1/2-D6-E-R-M (Obrázek 32).



Obrázek 32 Blok pro úpravu média

Ruční spínací ventil je zařazen na vstup, aby mohlo dojít k odstavení a odvětrání celého pneumatického obvodu. Propojení jednotlivých prvků zajišťují spojky modulů MS6 MV, které umožňují uchycení celého bloku. Vstup a výstup z bloku je realizován připojovacími deskami MS6 s vnitřním závitem G 1/2. Propojení s ventilovým blokem je realizováno nástrčným šroubením QSL-G1/2-16 a pneumatickou hadičkou o průměru 16 mm.

Redukční ventil s filtrem a integrovaným manometrem MS6-LFR-1/2-D6-E-R-M zabezpečuje řízení na konstantní výstupní tlak v rozsahu 0,03 až 0,7 MPa a jemnost filtrace 40 µm, odpouštění kondenzátu je ruční. Komponent je vybaven jednosměrným ventilem, který zabezpečuje rychlé odvětrání pneumatického obvodu při zastavení přívodu ručním spínacím ventilem.

Tabulka 6 Seznam použitých prvků pro úpravu média

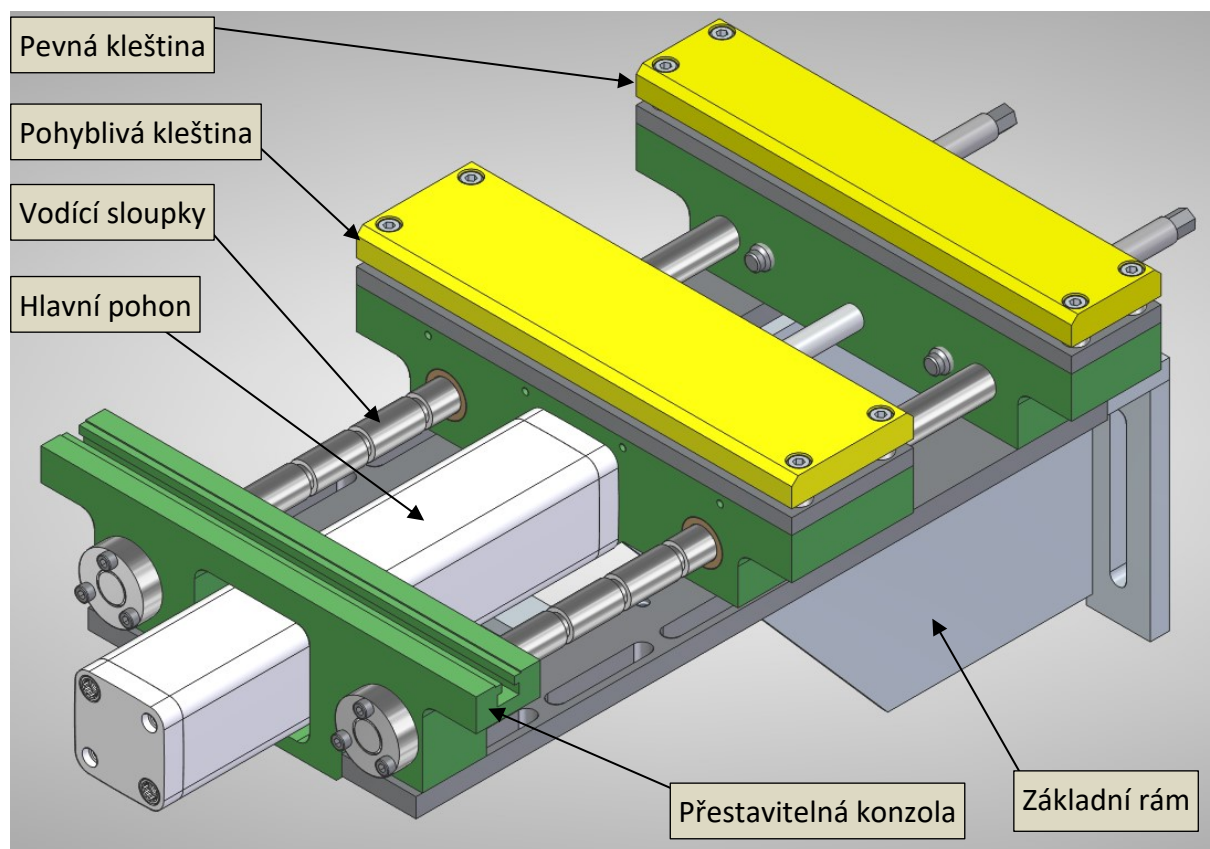
popis	označení	ks	zdroj
Ruční spínací ventil	MS6-EM1-1/2-S	1	[15]
Redukční ventil s filtrem	MS6-LFR-1/2-D6-E-R-M	1	[14]
Tlumič hluku	U-1/8	1	[12]
Spojka modulů	MS6-MV	1	[14]
Propojovací deska	MS6-AGD	2	[14]
L-šroubení s nástrčnou koncovkou	QSL-G1/2-16	1	[10]

3 Konstrukční úpravy

Pro nově zvolené pohony je nutné částečně přizpůsobit konstrukci pneumatického podávacího zařízení. Vzhledem ke stávajícímu stavu zařízení a k rozsahu zásahu pro zabudování nových pohonů bude nutné navrhnout nově tyto komponenty (Obrázek 33):

- pevná kleština
- pohyblivá kleština
- přestavitelná konzola
- vodící sloupky

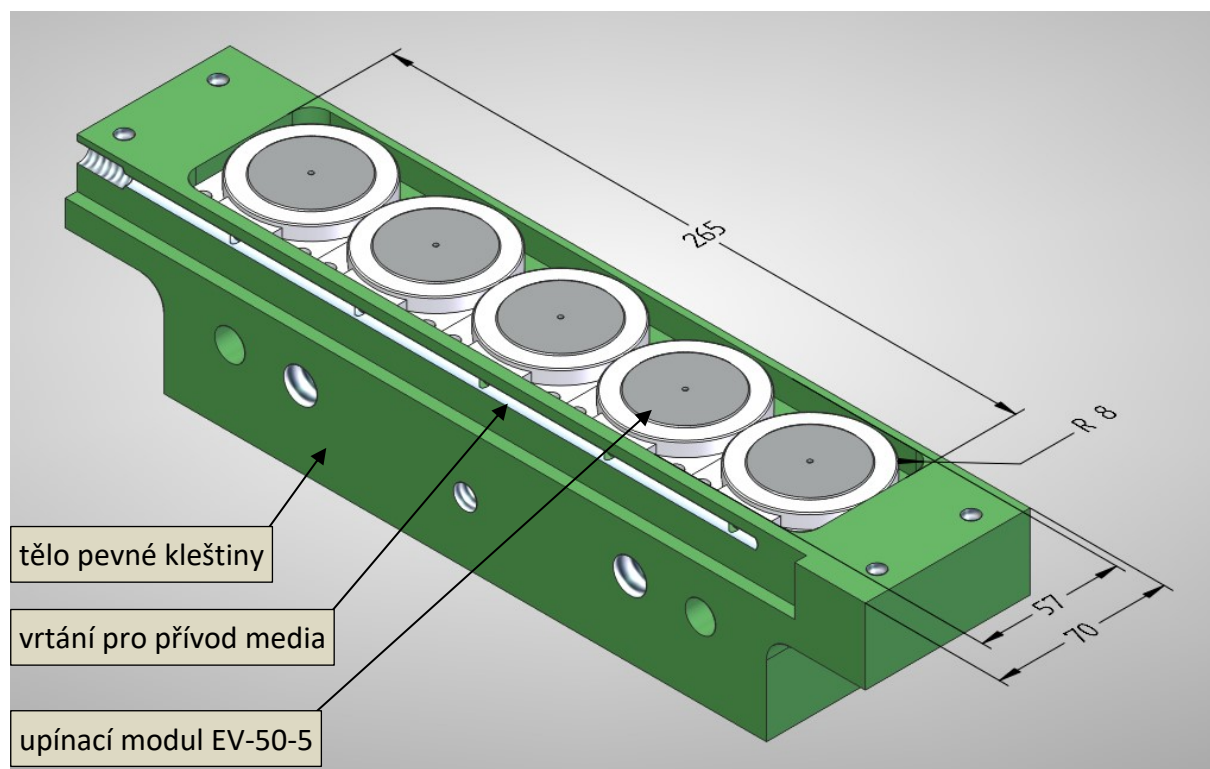
Ostatní části nebudou vyžadovat změny. Konstrukční řešení vestavby nových pohonů bylo navrženo s využitím 3D CAD Solid Edge Siemens Student Edition a dostupnými 3D modely pneumatických prvků Festo.



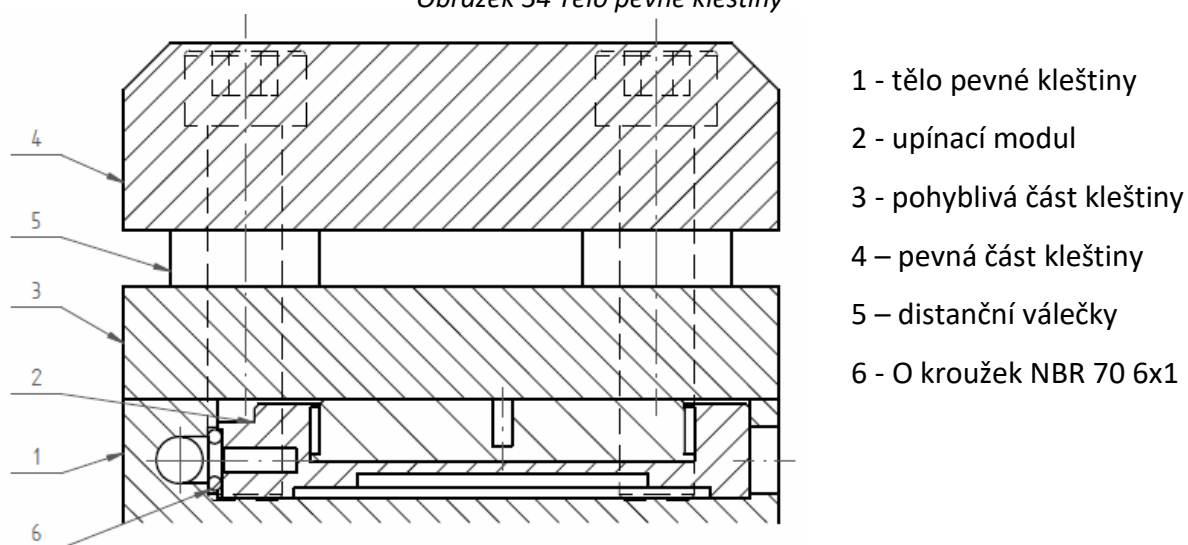
Obrázek 33 3D model upraveného podávacího zařízení

3.1 Návrh nové pevné kleštiny

Základní tvar těla pevné kleštiny bude shodný s původním s rozdílem šířky, která bude zvětšena z 50 mm na 70 mm. Vrchní část těla kleštiny bude opatřen drážku 265×57×10,5 mm pro uložení 5 ks vytipovaných upínacích modulů Festo EV-40-5. Přívod tlakového vzduchu k upínacím modulům bude realizován vrtáním o $\varnothing 6,5$ mm v těle kleštiny tak, aby bylo možné napojení na pneumatickou hadičku šroubením ze strany ventilového bloku (Obrázek 34). Utěsnění přechodu bude realizováno O kroužky NBR 70 6x1 (Obrázek 35). Ostatní konstrukční prvky pevné kleštiny budou uzpůsobeny v návaznosti na tyto úpravy.



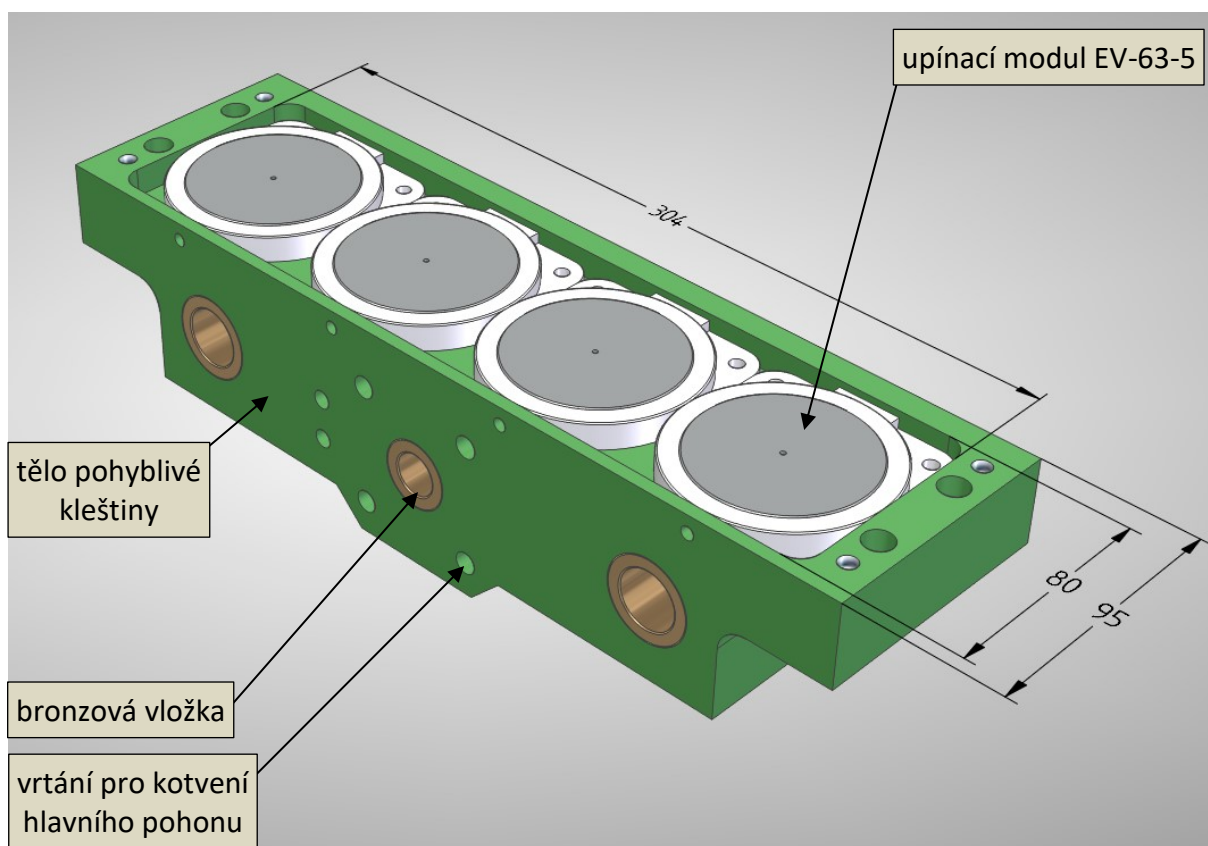
Obrázek 34 Tělo pevné kleštiny



Obrázek 35 Řešení utěsnění vstupů do upínacích modulů

3.2 Návrh nové pohyblivé kleštiny

Pohyblivá kleština vyžaduje jak zabudování upínacích modulů, tak upevnění hlavního lineárního pohonu. Vzhledem k těmto úpravám dojde k zvětšení šířky těla kleštiny z původních 80 mm na 95 mm. Vrchní část těla kleštiny bude opatřena drážkou 304×80×10,5 mm pro uložení 4 ks vytipovaných upínacích modulů Festo EV-63-5 (Obrázek 36). Přívod tlakového vzduchu k upínacím modulům bude realizován vrtáním o $\varnothing 6,5$ mm v těle kleštiny tak, aby bylo možné napojení na pneumatickou hadičku šroubením ze stravy ventilového bloku stejně jako u pevné kleštiny. Tělo pohyblivé kleštiny bude vyrobeno ze slitiny hliníku EN AW 5083 - AlMg4,5Mn s ohledem na hmotnost.

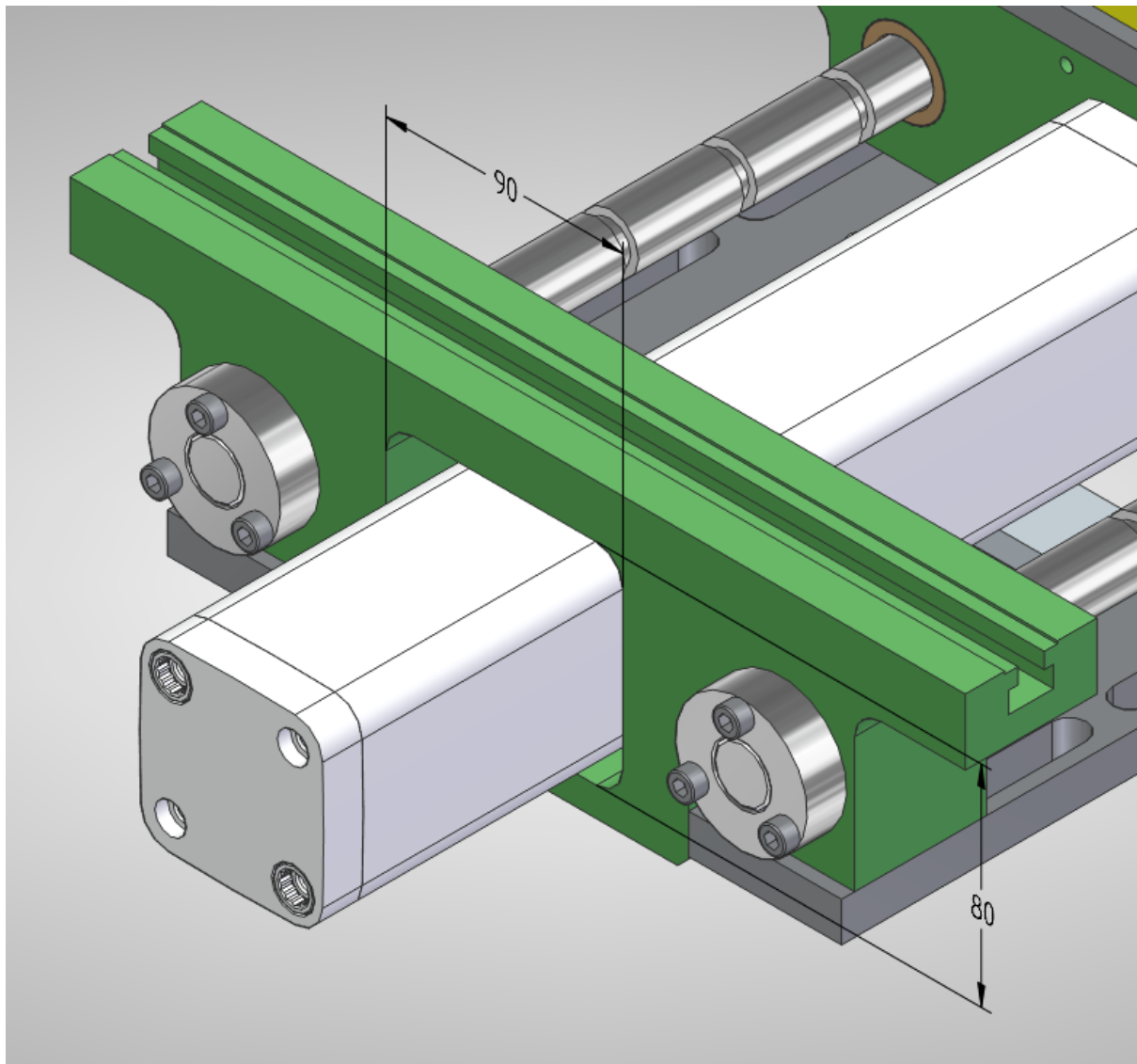


Obrázek 36 Tělo pohyblivé kleštiny

Kotvení hlavního lineárního pohonu bude realizováno 4 šrouby s válcovou hlavou ISO 4762 M10×100 přes tělo kleštiny. Pístnice bude tělem válce vedena v nalisované bronzové vložce, která bude z vnější stravy kryta stíracím kroužkem 16 x 22 x 3/5 PUR 90 Sh ČSN 02 9295.

3.3 Návrh nové přestavitelné konzoly

Tvar a rozměry konzoly zůstanou zachovány. Pro pohyb válce bude konzola odlehčena otvorem o rozměru 90×80 mm (Obrázek 37).



Obrázek 37 Přestavitelná konzola

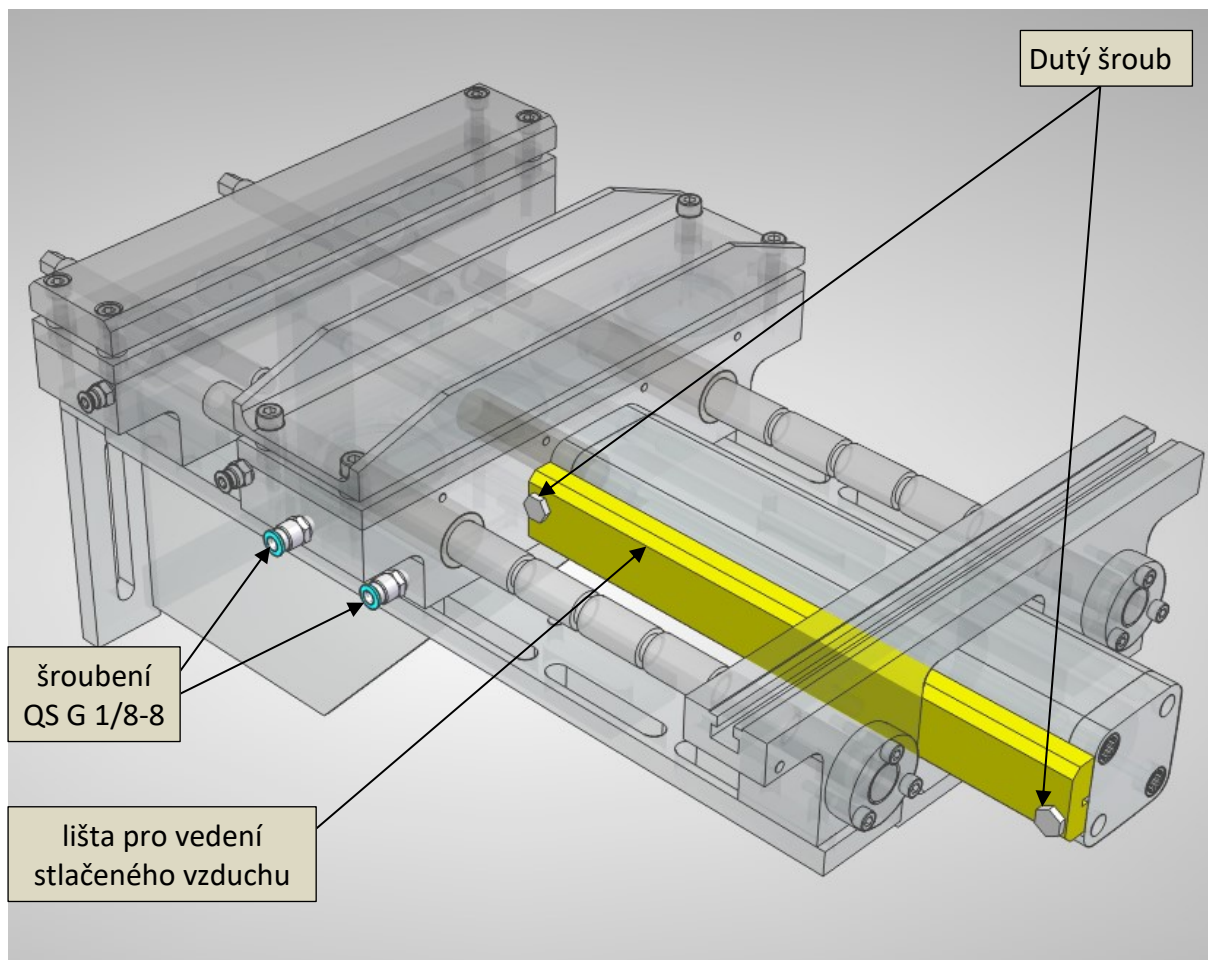
3.4 Úprava vodících sloupků

Vodící sloupky vyžadují pouze prodloužení o 35 mm v důsledku rozšíření pevné a pohyblivé kleštiny.

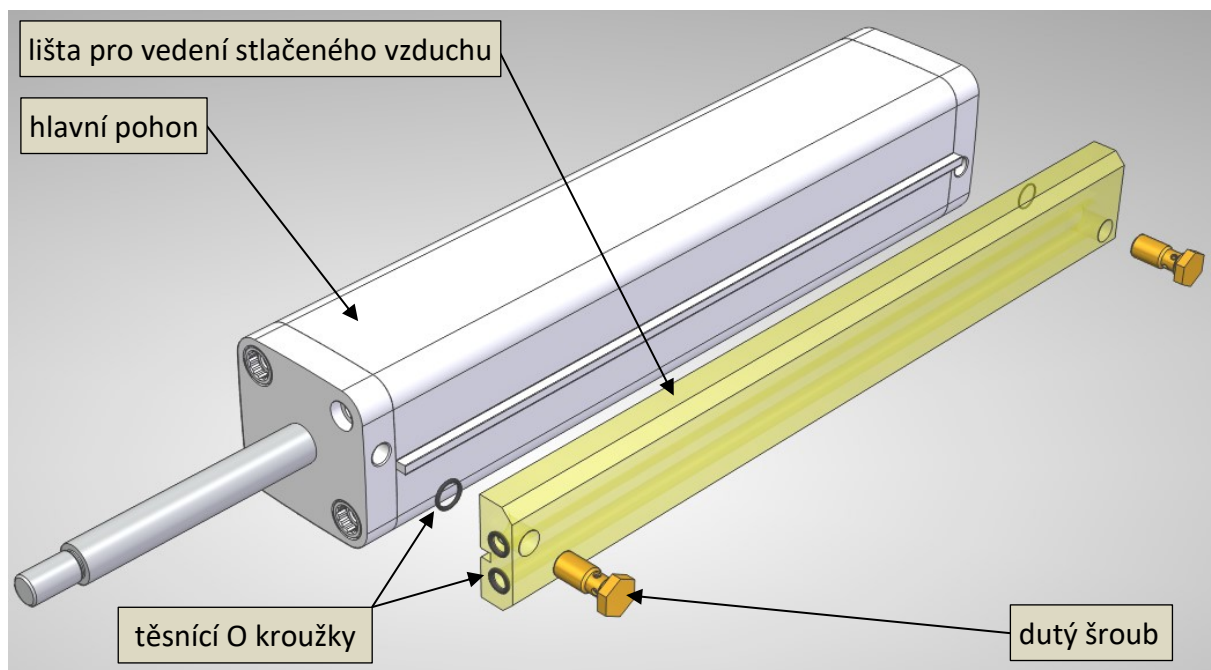
3.5 Řešení přívodu stlačeného vzduchu pro hlavní pohon

Vzhledem k tomu že výrobci pneumatických válců nenabízejí v základním provedení možnost plnit obě komory válce z jednoho čela, bylo nutné vyřešit plnění tak, aby přívody pro hlavní pohon nekolidovaly s konstrukčními prvky podávacího zařízení.

Jako řešení jsem zvolil navržení lišty upevněné na tělo hlavního pohonu. Přívod je realizován z levé strany pohyblivé kleštiny pomocí pneumatických hadic, které v tomto prostoru nejsou ve svém pohybu omezeny (Obrázek 38). Navržená lišta je vyrobena ze slitiny hliníku EN AW 5083 - AlMg4,5Mn s ohledem na nutnost vrtání otvoru do hloubky 280 mm. Lišta je k tělu hlavního válce upevněna pomocí dutých šroubů, které zároveň zabezpečují průchod pracovního média. Utěsnění je realizováno pomocí O kroužků a vhodným zahloubením. Průchod k levé straně těla pohyblivé kleštiny je řešen vrtáním. Propojení přívodů k hlavnímu válci je realizováno šroubením QS G1/8-8 a pneumatickými hadičkami o průměru 8 mm. Utěsnění mezi lištou a tělem pohyblivé kleštiny je řešeno O kroužky a vhodným zahloubením.



Obrázek 38 Řešení přívodu stlačeného vzduchu pro hlavní pohon



Obrázek 39 Navržená lišta pro přívod stlačeného vzduchu

Závěr

V této práci jsem navrhnul hlavní změny staršího typu pneumatického podavače s ohledem na funkčnost a snadnou údržbu. Zásadní změny se týkaly výměny hlavního lineárního pohonu a pohonů kleštín. Původní pohony zařízení byly součástí kleštín a stejně jako u hlavního lineárního pohonu se nejednalo o typizované prvky.

Hlavním důvodem inovace byla nedostupnost atypických náhradních dílů a značné opotřebení funkčních částí. Vzhledem k dostupnosti širokého sortimentu typizovaných pneumatických prvků jsem vytypoval hlavní pohony a navrhnul konstrukční změny původní koncepce. Při řešení jsem se snažil o co nejmenší zásah do původní konstrukce zařízení. Zásadním důvodem byla snaha o zachování osvědčeného a funkčního řešení, které je prověřeno v dlouhodobém provozu. V řešení jsem se snažil o co nejmenší investice do inovace zařízení při zachování jeho funkčnosti.

Veškeré navržené změny respektují původní parametry zařízení. Upínací síly pevné a posuvné kleštiny, stejně jako síla hlavního pohonu zůstaly zachovány, nebo mírně navyšují původní parametry. S ohledem na konstrukční změny pro zástavbu nových pohonů došlo pouze k prodloužení zařízení o 35 mm. Navržené úpravy zabezpečí funkčnost zařízení a zkrátí prostoje způsobované výměnou opotřebovávaných dílů. Výměnou pneumatických prvků budou eliminovány stávající úniky stlačeného vzduchu a zvýší se tak účinnost zařízení, čímž dojde k podstatné úspoře energií při provozu. K práci je přiložen 3D model navrženého řešení ve formátu step a výkresová dokumentace celkové sestavy. Výkresy jednotlivých dílů, nebyly předmětem zadání a po dohodě s vedoucím práce nebyly zpracovány. Realizace změn bude vyžadovat zpracování výkresové dokumentace jednotlivých dílů z navržených 3D modelů a výrobu nové pevné a pohyblivé kleštiny, přestavné konzoly a vodících sloupků.

Seznam použitých zdrojů

- [1] TOMÁŠIK, Štefan. Pneumatický kleštinový podavač QPV 300/4A: Návod na obsluhu a údržbu. Trnava, Slovakia, 2002.
- [2] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. Díl I, Pneumatické prvky a systémy. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-306-0.
- [3] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. Díl II, Řízení pneumatických systémů. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0880-3.
- [4] BEATER, Peter. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, c2007. ISBN 978-3-540-69470-0.
- [5] MURRENHOFF, Hubertus a Oliver REINERTZ. *Fundamentals of fluid power: lecture notes : translation of the 2nd revised German edition of 2014*. Part 2, Pneumatics. Přeložil Coralie HOEDT, přeložil Sascha PONGRATZ, přeložil Heinrich THEISSEN. Aachen: Shaker Verlag, 2014. ISBN 978-3-8440-3213-0.
- [6] KOLEKTIV AUTORŮ. SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s
- [7] *Upínací moduly EV* [online]. 2007 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/EV_CZ.PDF
- [8] *Kompaktní válce CDC, ISO 21287, Clean Design* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/CDC_CZ.PDF
- [9] *Elektromagneticky/pneumaticky ovládané ventily Tiger Classic* [online]. 2007 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/TIGERCLASSIC_CZ.PDF
- [10] *Šroubení s nástrčnými koncovkami QS* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/QS_CZ.PDF
- [11] *Jednosměrné škrťací ventily* [online]. 2013 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/GRX-VFO_CZ.PDF
- [12] *Tlumiče hluku* [online]. 2016 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/SILENCERS_CZ.PDF
- [13] *Ventily ovládané mechanicky* [online]. 2017 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/VMEM_CZ.PDF
- [14] *Redukční ventily s filtrem MS-LFR, řada MS* [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/MS-LFR_CZ.PDF

- [15] *Spínací ventily/ventily s pomalým náběhem tlaku MS-EM/EE/DL/DE, řada MS* [online]. 2015 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/MS-START-UP-EXHAUST-VALVES_CZ.PDF
- [16] *Magnetically Coupled Rodless Cylinder* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/CY3-C_EU.pdf

Seznam obrázků

Obrázek 1 Výrobní linka	9
Obrázek 2: Diagram rychlost podání v závislosti na délce ¹	11
Obrázek 3 Pracovní cyklus podavače	12
Obrázek 4 Schéma pneumatického obvodu	13
Obrázek 5 Pohyb vpřed	14
Obrázek 6 Pohyb vzad	15
Obrázek 7 Hlavní části podávacího zařízení	16
Obrázek 8 Hlavní válec	17
Obrázek 9 Pevná kleština	18
Obrázek 10 Demontovaná pohyblivá část pevné kleštiny	18
Obrázek 11 Řez pevnou kleštinou ¹	19
Obrázek 12 pohyblivá kleština	20
Obrázek 13 Pohyblivá kleština	20
Obrázek 14 Řez pohyblivou kleštinou ¹	21
Obrázek 15 Konzola	22
Obrázek 16 Systém kotvení sloupků ke konzole	23
Obrázek 17 Čtyřcestný rozváděč s kladičkou	24
Obrázek 18 Ventilový blok a škrticí ventily	25
Obrázek 19 Pěticečný rozváděč s narážkou	26
Obrázek 20 Koncový páčkový spínač	27
Obrázek 21 Upínací moduly ⁷	30
Obrázek 22 Rozměry ⁷	31
Obrázek 23 Kompaktní válec Festo ⁸	33
Obrázek 24 Parametry kompaktního válce Festo ⁸	33
Obrázek 25 Základní parametry CY3-B ⁹	35
Obrázek 26 Rozváděče VL/O-3-1/4 ¹⁰	36

<i>Obrázek 27 Propojovací blok a dutý šroub ¹⁰</i>	36
<i>Obrázek 28 Ventilový blok</i>	37
<i>Obrázek 29 Rozváděč RS-4-1/8</i>	38
<i>Obrázek 30 VMEM-SCZ-M52-E-G18</i>	39
<i>Obrázek 31 Nové pneumatické schéma</i>	40
<i>Obrázek 32 Blok pro úpravu média</i>	41
<i>Obrázek 33 3D model upraveného podávacího zařízení</i>	43
<i>Obrázek 34 Tělo pevné kleštiny</i>	44
<i>Obrázek 35 Řešení utěsnění vstupů do upínacích modulů</i>	44
<i>Obrázek 36 Tělo pohyblivé kleštiny</i>	45
<i>Obrázek 37 Přestavitelná konzola</i>	46
<i>Obrázek 38 Řešení přívodu stlačeného vzduchu pro hlavní pohon</i>	47
<i>Obrázek 39 Navržená lišta pro přívod stlačeného vzduchu</i>	48

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Základní parametry</i>	11
<i>Tabulka 2 Vstupní materiál</i>	11
<i>Tabulka 3 Základní parametry</i>	31
<i>Tabulka 4 Seznam použitých prvků ventilového bloku</i>	38
<i>Tabulka 5 Seznam použitých prvků pro řízení</i>	39
<i>Tabulka 6 Seznam použitých prvků pro úpravu média</i>	42

Seznam příloh

<i>Příloha A</i>	<i>Výkres celkové sestavy navrženého řešení</i>
<i>Příloha B</i>	<i>3D model návrhu úpravy podávacího zařízení ve formátu STEP, CD příloha</i>